

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Geobiologie



Bc. Veronika Kadlecová

Studium hub, řas a mechorostů z křídý Českého masivu a ostrova
Jamese Rosse

Study of fungi, algae and bryophytes from the Cretaceous of the Bohemian
Massif and James Ross Island

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Jiří Kvaček, Csc.

Konzultant diplomové práce: doc. RNDr. Jakub Sakala, Ph.D.

Praha 2020

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 14.08.2020

Podpis

Poděkování

Na prvním místě děkuji školiteli, doc. RNDr. Jiřímu Kvačkovi, CSc. a konzultantovi, doc. RNDr. Jakubovi Sakalovi, Ph.D., za odborné vedení diplomové práce, konzultace a veškerou pomoc při psaní práce. Děkuji pracovníkům Národního muzea, zejména Ing. Lence Váchové z Národního muzea za asistenci při práci s elektronovým skenovacím mikroskopem, Jaromíru Váňovi a Janu Bubníkovi za pomoc se zpracováním vzorků, a Mgr. Markétě Šandové, Ph.D. za cenné konzultace. Za konzultace také děkuji RNDr. Zdeňku Soldánovi, CSc. (PřF UK), Ruth Stockey, Ph.D. (Department of Botany and Plant Pathology State University Oregon) a Ludovicu LeRenardovi, Ph. D. (Department of Botany, University of British Columbia ve Vancouveru). Také děkuji doc. RNDr. Martinu Košťákovi, Ph.D. za pomoc s hledáním holotypu. Nakonec děkuji rodině za podporu a trpělivost.

1 Obsah

2	Úvod	6
3	Fosilní záznam hub	7
4	Fosilní záznam řas.....	8
5	Fosilní záznam mechorostů	9
5.1	Hlevíky - Anthocerotophyta	10
5.2	Játrovky - Marchantiophytina	11
5.3	Mechy - Bryophytina	13
6	Svět v době svrchní křídý.....	14
7	Srovnání paleoklimatu českého masivu a ostrova Jamese Rosse	17
8	Geologie – Český masiv	18
8.1	Lokalita Pecínov.....	18
8.2	Lokalita Zliv-Blana.....	22
9	Geologie – Ostrov Jamese Rosse.....	24
10	Materiál	25
11	Metodika	26
11.1	Rozpuštění sedimentu.....	26
11.2	Kutikulární analýza	27
11.3	Příprava vzorků.....	27
11.4	Pozorování a dokumentace.....	28
12	Systematická část	28
12.1	Houby	29
12.2	Řasy	31
12.3	Mechorosty	32
13	Diskuze	44
14	Závěr.....	47
15	Použitá literatura.....	48
16	Fototabule	56

Abstrakt

Předložená práce si klade za cíl studium diverzity mechorostů, hub a řas z vybraných lokalit svrchní křídy Českého masivu a ostrova Jamese Rosse. Práce je zaměřena na co nejpresnější taxonomické určení nalezených fosilií a následné srovnání jejich diverzity ve studovaných oblastech na severní a jižní polokouli. Největší důraz je kladen na mechorosty, ale zmíněny jsou také houby a řasy. Z českého masivu byly popsány dva druhy hub srovnávaných s recentními rody *Passalora* a *Stomiopeltis*, jeden druh řasy rodu *Phycopeltis*, dva druhy jatrovek rodu *Ricciopsis*, jeden druh nejasného systematického zařazení a dva druhy mechů rodů *Muscites* a *Livingstonites*. Z ostrova Jamese Rosse byly popsány tři druhy mechů přiřazené ke dvěma rodům *Muscites* a *Livingstonites*.

Abstract

The objective of this Diploma thesis is study of diversity of Late Cretaceous bryophytes, fungi and algae from selected localities of the Bohemian Massif and James Ross Island. The focus of the study is the most precise taxonomy assessment of the found fossils and comparison of their diversity in selected localities from the Northern and the Southern hemispheres. The greatest emphasis is focused on bryophytes, but algae and fungi are mentioned as well. There are described two species of fungi, compared to recent genera *Passalora* and *Stomiopeltis*, one species of algae assigned to *Phycopeltis*, two species of liverworts assigned to *Ricciopsis*, one species of incertae sedis and two species of mosses assigned to *Muscites* and *Livingstonites* from the Bohemian Massif. Additionally, from James Ross Island there are three species of mosses described and assigned to *Muscites* and *Livingstonites*.

2 Úvod

Houby, řasy i mechorosty jsou organismy, jejichž těla tvoří většinou stélky s jednoduchou stavbou bez zpevňovacích pletiv. Jejich schopnost fosilizace je proto malá a fosilní záznam poměrně chudý (Taylor et al., 2009, Taylor et al., 2015). Větší předpoklady pro zachování mají takové jejich části, které zpevňovací pletiva obsahují, tedy zejména spory. Přesto existují podmínky, za kterých se zachovávají celé stélky nebo jejich části.

Houby jsou na Zemi prakticky všudypřítomné a stejně široký je jejich význam. Obývají téměř všechna prostředí a mají nezastupitelnou úlohu v ekosystému jako saprotrofové nebo symbionti, ale jsou také významnými parazity rostlin i živočichů (Kalina a Váňa, 2005). Je pravděpodobné, že stejně významné byly houby pro ekosystém i v minulosti.

Řasy patří mezi nejstarší organismy na Zemi. Jsou důležitou součástí zejména vodních ekosystémů jako producenti biomasy a tedy významný zdroj potravy pro mnoho organismů, a také jako producenti kyslíku. Předpokládá se, že zelené řasy jsou předkem všech skupin suchozemských rostlin (Taylor et al., 2009).

Mechorosty jsou malé a nenápadné rostliny s velkým významem. Jejich poměrně jednoduchá stavba i způsob života naznačují, že stály na samém počátku vývoje rostlin, a přesto jsou i dnes početnou a rozmanitou skupinou. Přes velké množství daleko pokročilejších druhů rostlin jsou to stále mechorosty, které kolonizují nová stanoviště ve vlhkém prostředí a připravují tak prostředí pro další rostliny. Mají blahodárný vliv na vodní režim krajiny díky své schopnosti zadržovat vodu a mohou sloužit také jako bioindikátory prostředí (Kalina a Váňa, 2005).

Mechorosty jsou dnes rozšířené po celém světě a podobně tomu bylo i v minulosti. Jejich druhové složení může mnohé napovědět o prostředí, ve kterém rostly. Z tohoto důvodu by srovnání flory mechorostů ze severní a jižní polokoule stejného období v geologické minulosti mohlo přinést zajímavé výsledky.

3 Fosilní záznam hub

Houby jsou jednobuněčné nebo mnohobuněčné heterotrofní organismy, po staletí považované za příbuzné rostlinám. Dodnes se například řídí botanickými pravidly nomenklatury. Celá říše houby (Fungi) zahrnuje velké množství velmi různých a často složitých organismů (Taylor et al., 2015).

Stélka je u některých oddělení hub jednobuněčná, ale častější je mnohobuněčná stélka s různě vyvinutými přehrádkami. U nejodvozenějších oddělení jsou obvyklé vláknité hyfy nazývané mycelium. To má bohužel poměrně malou schopnost fosilizace, stejně jako jednodušší stélky primitivnějších oddělení. Buněčná stěna je většinou tvořena chitinem, ale existují i skupiny s odlišným složením buněčné stěny. Houby většinou získávají živiny saprotrófně, někteří zástupci paraziticky, a někteří žijí symbioticky. Nejvýznamnější druhy symbiomy u hub jsou mykorrhiza a lichenismus (Kalina a Váňa, 2005).

Houby se rozmnožují pohlavně i nepohlavně, u některých druhů nepohlavní rozmnožování dokonce převládá. Nepohlavní stadia (anamorfa) a pohlavní stadia (teleomorfa) mohou být morfologicky velmi odlišná, což způsobuje značné problémy v systematice hub, a to jak fosilních, tak recentních. U mnoha zástupců byla tyto stadia popsána jako dva samostatné druhy, a teprve později identifikována jako různá stadia jednoho druhu, nebo bylo známo pouze stadium anamorfy a stadium teleomorfy bylo objeveno později (Taylor et al., 2015). Zejména u fosilních zástupců je velmi obtížné, většinou nemožné, spojit tyto dvě stadia jednoho druhu dohromady.

Houby mají obecně malé předpoklady pro fosilizaci. Jejich stélka většinou neobsahuje dostatečně pevná pletiva, proto jsou často zachovány jen jejich odolnější stadia, zejména spory nebo sklerocia. Za určitých okolností je však možná fosilizace dalších alespoň částí stélky, například v pletivech listů rostlinných fosilií (viz níže), v uhlí nebo v mineralizovaných substrátech např. rašelinách. Mimořádně dobře zachované části hub se nalézají v jantaru (Taylor et al., 2015).

V perucko-korycanském souvrství české křídové pánve na lokalitě Vyšehořovice byly popsány terčovité útvary na listech, které byly interpretovány Velenovským (1889) a Fričem a Bayerem (1902) jako houby. Jedná se o dva taxony, z nichž jeden byl popsán jako *Puccinites cretaceous* Velenovský na listech druhu *Eucalyptus Geinitzi* Heer, a druhý jako *Cercospora coriococcum* Bayer na listech druhu *Dewalquea coriacea* Velenovský. V obou

případech, jak vysvětleno níže, se s nejvyšší pravděpodobností nejedná o houby, nýbrž o hálky, u druhu *Puccinites cretaceous* s výrazným středovým důlkem.

4 Fosilní záznam řas

Jako řasy je označovaná velká a různorodá rostlin organismů, od mikroskopických až po velké mnohobuněčné rostlinné organismy. Jedná se převážně o vodní organismy, ale mohou obývat řadu různých prostředí, například polární oblasti, pouště, povrch stromů nebo srst zvířat. Většina se živí autotrofně, ale některé druhy se částečně nebo zcela živí rozkladem organické hmoty. Stélka řas bývá většinou nerozlišená.

Fosilizační schopnost samotných stélek je u většiny druhů malá (Tappan, 1980), ale existuje mnoho jasných stop po činnosti řas, které ve fosilním záznamu přetrvávají. Jedná se například o chemické stopy nebo horninové útvary tvořené mnohametrovými vrstvami usazenin ze zbytků těl vápenatých řas. Byla nalezena také celá řada otisků, u kterých je však problematické systematické zařazení (Taylor et al., 2009). Drobné vícebuněčné řasy se zachovávají na kutikulách cévnatých rostlin (viz níže).

Recentní řasy jsou v systému členěny na základě znaků, které se většinou ve fosilním záznamu nezachovávají, jako jsou typy pigmentů, zásobní produkty, ultrastruktura buněk a další molekulární nebo biochemické znaky (Brodie and Lewis, 2007).

Kvůli nedostatku diferenciálních znaků se pro fosilie řas často používají fosilní morfologické taxony. Například morfologický rod *Algites* A. C. Seward zahrnuje fosilie, které jsou pravděpodobně řasy, ale chybí u nich znaky, podle kterých by bylo možné určit příbuznost s některými z recentních skupin řas (Seward, 1894). Další takový morforod je *Thallites* Kidst. Ex Walton, používaný pro fosilie, u kterých není jasné, jestli se jedná o řasy nebo o mechorosty (Cantrill, 1997).

Yoon et al. (2004) na základě molekulárních výzkumů předpokládají, že první řasy se na Zemi mohly objevit přibližně před 1,5 miliardy let, v pozdním paleoproterozoiku nebo na začátku mezoproterozoika. Tento předpoklad podporují prekambriické fosilní nálezy řas (Taylor et al., 2009). Přestože je možné přibližně určit, kdy řasy vznikly a jak se dále

vyskytovaly v geologické minulosti, samotná evoluční historie řas zůstává z velké části neprozkoumaná, právě kvůli nemožnosti nálezy správně zařadit vůči recentnímu systému.

5 Fosilní záznam mechorostů

Mechorosty jsou mnohobuněčné, zelené, převážně suchozemské rostliny, které se od ostatních vyšších rostlin významně odlišují. Jejich tělo je tvořeno stélkou, která nemá plně diferencované rostlinné orgány. Stélka může být lupenitá, u které jsou rozlišena pouze přichytná vlákna (rhizoidy), nebo listnatá, rozlišená na lodyžku a lístky. Stélka mechorostů neobsahuje pravé průduchy se svěracími buňkami, ani pravá vodivá pletiva. Mohou sice obsahovat specializované buňky, které plní funkci vodivých pletiv, ale nikdy neobsahují lignin, ani nemají typické sítkovice a cévy. Proto mechorosty neřadíme mezi cévnaté rostliny (Kalina a Váňa, 2005).

Mechorosty se také odlišují svým rozmnožovacím cyklem. Většina těla rostliny je tvořena gametofytem, tedy haploidními buňkami, které vyrůstají ze spor. Gametofyt vytváří pohlavní orgány, kde dochází ke splynutí pohlavních buněk a vzniká sporofyt, tvořený diploidními buňkami. Sporofyt je většinou nezelený a je zcela závislý na gametofytu, neschopný samostatného života (Kalina a Váňa, 2005).

Není jasné, jestli jsou mechorosty monofyletická nebo polyfyletická skupina. Většina badatelů se shoduje na tom, že se mechorosty velmi pravděpodobně vyvinuly jako první suchozemské rostliny (Smith, 1938). Někteří je interpretují jako samostatné vývojové linie vzniklé z prvních cévnatých rostlin, které druhotně ztratily vodivá pletiva (Taylor et al., 2009). Nejnovější výzkumy naznačují, že mechorosty patří mezi nejstarší rostliny na souši, vzniklé jako sesterské skupiny k ostatním suchozemským rostlinám (Libertín et al., 2018, Qiu et al., 2006).

Mechorosty se tradičně rozdělují na tři oddělení: hlevíky (Anthocerotophyta), játrovky (Marchantiophyta) a mechy (Bryophyta) (Frey et al, 2009). Někteří autoři (Frahm, 2001) uvádějí oddělení pouze dvě – hlevíky (Anthocerotophyta) a mechy (Bryophyta), kde se mechy dále rozdělují na dvě pododdělení – játrovky (Marchantiophytina) a mechy *sensu lato* (Bryophytina).

Kdy přesně mechorosty vznikly, není jasné. Předpokládá se, že byly součástí první suchozemské flory, ale neexistují k tomu dostatečné fosilní podklady. Nejstarší fosilie mechorostů připomínají recentní zástupce, což napovídá, že jako skupina vznikly mnohem dříve. Proč nejstarší zástupci mechorostů ve fosilním záznamu chybí, může být způsobeno tím, že se nezachovaly, nebo protože se morfologicky natolik liší od známých druhů, že nejsou považované za mechorosty (Taylor et al., 2009).

Chudý fosilní záznam mechorostů ve starším paleozoiku lze snadno vysvětlit, ale otázky budí překvapivě malé množství fosilních mechorostů v karbonských uhelných slojích. Předpokládalo se, že na vině je menší schopnost fosilizace malých a křehkých těl mechorostů, která často neobsahují odolná zpevňující pletiva, jaké mají cévnaté rostliny (Taylor et al., 2009). Hemsley (2001) ale provedl výzkum porovnávající rozklad těl mechorostů a cévnatých rostlin v různých podmínkách a došel k závěru, že v prostředí karbonských pralesů by měly mít srovnatelnou schopnost fosilizace. Z toho lze usuzovat, že mechorosty skutečně v karbonských pralesích nebyly hojné. Naproti tomu v mezozoiku byly mechorosty běžnou součástí flory a jejich nálezy jsou mnohem hojnější (Taylor et al., 2009).

5.1 Hlevíky - Anthocerotophyta

Pravděpodobně se jedná o nejstarší dosud žijící skupinu suchozemských rostlin, která se vyvinula ze zelených řas a je předkem ostatních skupin rostlin (Taylor et al., 2009, Libertín et al., 2018), ale neexistuje fosilní záznam, který by tuto teorii podpořil. Je to nejprimitivnější skupina mechorostů a některé znaky má společné se zelenými řasami. Stélka je lupenitá, nemá rozlišená pletiva, a rhizoidy jsou jednobuněčné. Systematické členění je nejednotné a dosud není dostatečně zpracované.

Ačkoliv se hlevíky považují za předchůdce suchozemských rostlin, ve fosilním záznamu jsou doložené až z křídý. Nejstarší makrofosilie řazená k hlevíkům je *Dendroceros victoriensis* a pochází ze spodní křídý Austrálie, oblasti Koonwarra (Drinnan and Chambers, 1986). Zřejmě se jedná o sporofyt, který vystupuje z části gametofytní stélky.

Fosillie řazená pravděpodobně k hlevíkům byla nalezená také v Českém masivu, na lokalitě Zliv-Blana nedaleko Hluboké nad Vltavou. Jedná se o otisk lupenité stélky a sporangium ze svrchní křídý popsané jako nový fosilní rod *Notothylacites*, druh

Notothylacites filiformis (Němejc a Pacltová, 1974). Systematické zařazení nálezu je problematické a více o něm bude řečeno v kapitole 12. Systematická část.

Kromě nálezů makrofosilií, kterých není mnoho, je k hlevíkům řazeno větší množství nálezů spor. Jsou charakterizované přítomností trileté jizvy (Taylor et al., 2011).

5.2 Játrovky - Marchantiophytina

Játrovky jsou skupina druhově mnohem početnější než hlevíky. Jejich stélka může být lupenitá, ale častěji bývá listnatá. Od morfologicky podobných mechů se liší postavením lístků na lodyžce a nepřítomností středního žebra. Lupenité játrovky naopak střední žebro většinou mají (Kalina a Váňa, 2005). Sporofytní část rostliny se od mechů také značně odlišuje, nemá zpevňující pletiva a nepřežívá dlouho. Tradičně se játrovky dělí na dvě třídy, Marchantiopsida a Jungermanniopsida, které jsou spolu tak málo příbuzné, že se zřejmě rozdělily na samotném počátku vývoje játrovek a dále se vyvíjely odděleně (Kalina a Váňa, 2005). Molekulární výzkumy tuto teorii podporují, potvrzují játrovky jako monofyletickou skupinu a oddělují další, menší třídy (Crandall-Stotler and Stotler, 2000).

Játrovky vznikly pravděpodobně už ve svrchním ordoviku, Heinrichs et al. (2007) na základě fylogenetické analýzy předpokládají vznik Marchantiophyta přibližně před 454 miliony let. Ve spodním siluru, před přibližně 407 miliony let, pak předpokládají oddělení třídy Haplomitriopsida od zbytku játrovek. Dvě hlavní třídy Marchantiopsida a Jungermanniopsida se rozdělily zřejmě ve svrchním devonu, před přibližně 372 miliony let. Heinrichs et al. (2007) se dále zabývali především třídou Jungermanniopsida, u které zaznamenali zvýšený rozvoj v triasu a spodní juře, který připisují obnově flory po permském vymírání. K další velké diverzifikaci došlo na konci křídý a začátku kenozoika, kdy vzniklo množství dnešních rodů. To bylo pravděpodobně způsobeno rozsáhlými změnami klimatu a vznikem moderních deštných pralesů.

Nejstarší makrofosilní nález játrovky je *Metzgeriothallus sharonae* Hernick et al. z givetu, středního devonu, z New Yorku (Van Aller Hernick et al., 2008). Jedná se o otisky stélky, kolem 3 cm dlouhé, v tmavých břidlicových prachovcích, kolem 3 cm dlouhých. Na nálezech jsou patrné jednobuněčné rhizoidy a někdy dokonce části sporofytu. Přináší nové poznatky ke dříve zmíněné studii o diverzifikaci játrovek na základě DNA chloroplastů,

kteřá vznikla v době, kdy nejstarší makrofosilní nálezy játrovek pocházely ze svrchního devonu a neměly zachované reprodukční orgány. Rozdělení dvou hlavních tříd játrovek, které studie předpokládala ve svrchním devonu, nastalo zřejmě nejpozději ve středním devonu.

Ačkoliv se játrovky ve fosilním záznamu nacházejí spíše vzácně, ve srovnání s ostatními druhy rostlinných fosilií, tvoří nezanedbatelnou část flory pozdního paleozoika, mezozoika a kenozoika. Protože fosilie většinou postrádají rozmnořovací orgány, pomocí kterých by je bylo možné zařadit k existujícím rodům, jsou pro tyto nálezy vymezovány následující fosilní morforologické rody (Cantrill, 1997):

- *Thallites* Kidst. ex Walton pro stélky, které by mohly představovat játrovky, ale možná také řasy
- *Hepaticites* Hueber pro stélky, které lze s jistotou přiřadit k játrovkám, ale už ne blíže klasifikovat
- *Jungermannites* Göppert, *Metzgeriites* Steere a *Marchantites* Brongniart pro ty nálezy, které lze klasifikovat na úrovni řádů

Velmi zajímavý mezozoický taxon je rod *Naiadita* ze svrchního triasu v Anglii. Tato játrovka byla nalezena v různých stádiích vývoje, díky čemuž je možné podrobně studovat její biologii. Dosud nejlepší popis tohoto druhu zpracoval T. M. Harris v knize *The British Rhaetic Flora* (Harris, 1938, Taylor et al., 2009).

Velmi dobře zachované játrovky byly nalezeny v jantarových dolech v Barmě (Grimaldi et al., 2002). Stáří jantaru se odhaduje na období cenomanu a turonu, začátek svrchní křídý. Nalezená stélka, která obsahuje i části sporofytu, připomíná recentní rod *Frullania*. Příbuznost s tímto rodem není potvrzená, ale pro tuto interpretaci hovoří několik shodných znaků, například laloky fyloidů přizpůsobené k uchování vody. Tento znak, a také fakt, že stélky byly nalezeny v jantaru, napovídá, že cenomanské játrovky žily epifyticky na kmenech rostlin, stejně jako dnešní rod *Frullania* (Grimaldi et al., 2002).

Pro tuto práci jsou zajímavé nálezy z Antarktidy, konkrétně ze spodní křídý ostrova Alexandra I., kde byly nalezeny čtyři druhy rodu *Marchantites* (Cantrill, 1997). Zřejmě kolonizovaly čerstvý sediment v okolí řek, který zpevňovaly a pomáhaly tak kolonizaci dalších rostlin. Také tvořily spodní patro kapradinových porostů a jehličnatých lesů. Na tomto ostrově byly nalezeny i další, hůře identifikovatelné játrovky, které byly přiřazeny

k morforodům *Hepaticites* a *Thallites* (Cantrill, 1997). Z množství nalezených druhů a jejich asociací s dalšími rostlinami se dá předpokládat, že játrovky v období křídý kolonizovaly velký počet ekologických nik.

Těmito nálezy se dále zabýval Fletcher et al. (2005), který zkoumal, jestli by je bylo možné použít k určení koncentrace CO₂ v atmosféře křídý Antarktidy a tedy i k paleoklimatickým rekonstrukcím. Pro určování CO₂ v atmosféře starší než kvartér zatím existují čtyři hlavní materiály – půdní minerály, fytoplankton, stomatální index cévnatých rostlin a planktonní foraminifery. Fletcher et al. (2005) uvažovali, že když játrovky postrádají průduchy, jaké mají cévnaté rostliny, a nemohou tedy kontrolovat obsah CO₂ ve svých tělech, mohly by sloužit jako věrný indikátor CO₂ v atmosféře.

Provedli řadu laboratorních testů se současnými mechorosty, kde zkoumali koncentraci izotopů uhlíku, a došli k závěru, že mechorosty skutečně věrně odráží koncentraci okolního CO₂. Provedli studii fosilních játrovek z nalezišť z Antarktidy a výsledky byly konsistentní s již existujícími studiemi na koncentraci CO₂ v atmosféře křídý. Fletcher et al. (2005) tedy usuzují, že fosilní mechorosty by v budoucnu mohly sloužit jako další indikátor atmosférického CO₂. Dokonce vyslovili teorii, že první suchozemské rostliny, které zřejmě také neměly průduchy, by mohly sloužit stejnému účelu.

Vzhledem k poměrně hojným nálezům játrovek na Antarktickém ostrově Alexander bylo možné předpokládat přítomnost mechorostů i v nalezištích ostrova Jamese Rosse. To potvrdili Kvaček a Vodrážka (2015) nálezem mechu *Muscites* sp. (viz kapitola 5.3).

5.3 Mechy - Bryophytina

Mechy jsou ze tří skupin mechorostů druhově nejpočetnější a nejvíce specializované. Stélka je vždy listnatá, rhizoidy jsou vícebuněčné. Lístky jsou většinou jednovrstevné, ale mají u většiny druhů střední žebro, vícevrstevný svazek buněk, který slouží jako vodivé pletivo. Sporofyt je na rozdíl od játrovek trvalejší struktura a obsahuje sklerenchymatická pletiva, která ho zpevňují (Kalina a Váňa, 2005).

Fosilní záznam mechů je překvapivě méně kompletní než záznam játrovek (Taylor et al., 2009). V paleozoiku je jejich záznam poměrně chudý, i když nejstarší fosilní nálezy jsou z karbonu. V permu jsou nálezy hojnější (Taylor et al., 2009). Nejlépe zachovaný mech

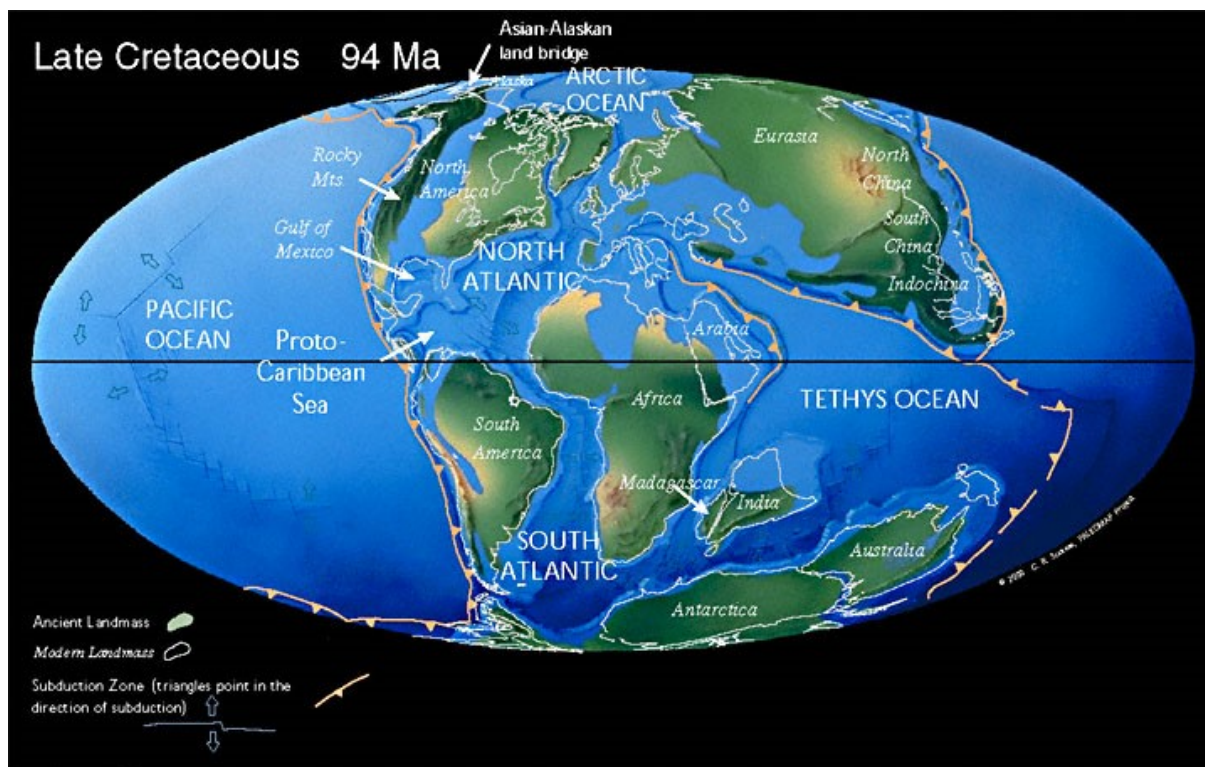
z pozdního paleozoika pochází z permu z Antarktidy, z prokřemenělé rašeliny. Jedná se o kompletní gametofyt s rhizoidy, lodyžkou a lístky, na kterých je patrné střední žebro, zařazený k druhu *Merceria augustica* Smoot et T.N. Taylor, z lokality Skaar Ridge (Smoot a Taylor, 1986).

V triasu a v juře není nálezů fosilních mechů mnoho (Taylor et al., 2009), ale v křídě se fosilní mechy objevují hojněji. Jeden z nejlépe zachovaných mechů pochází ze santonu severní Ameriky (Konopka et al., 1997). Jedná se o gametofyt druhu *Eopolytrichum antiquum* Konopka, kde u některých zástupců byly nalezeny části sporofytu. Na základě studia tobolek byly nálezy zařazeny k čeledi Polytrichaceae, ale odlišují se od všech žijících rodů, proto byl pro ně zaveden nový fosilní rod a druh. Tento nález potvrzuje, že moderní čeledi mechů byly vyvinuté už v křídě (Taylor et al., 2009).

Další nález, zajímavý pro tuto práci, protože pochází přímo ze zkoumané lokality, je *Muscites* sp. z ostrova Jamese Rosse (Kvaček a Vodrážka 2015). Jedná se o otisk lodyžky s oválnými lístky, na kterých je patrné střední žebro. Nález se podobá recentnímu rodu *Plagiomnium* T.J. Koponen, ale kvůli nepřítomnosti reprodukčních orgánů ho k němu nelze zařadit (Kvaček a Vodrážka, 2015). Z fosilních nálezů se nejvíce podobá druhu *Muscites antarcticus* Cantrill z aptu Snow Islandu v Antarktidě (Cantrill, 2000).

6 Svět v době svrchní křídý

Křída je vrcholným obdobím mezozoika, trvající od doby před 145 miliony let do doby před 65 miliony let, přičemž svrchní křída začala před přibližně 100 miliony let. Z hlediska vývoje organismů je to období značných změn. Klima je stále velmi teplé a na pólech chybí ledovcové čepičky. Stupňující se skleníkový efekt a zvyšování dna oceánů způsobené růstem oceánských hřbetů vyvrcholí na začátku svrchní křídý cenomanskou transgresí, pravděpodobně nejvyšším zdvihem hladiny oceánu ve fanerozoiku (Košťák et al., 2001). Nezaplavených zůstává pouze 18% povrchu země (Chlupáč et al., 2002). Ve svrchní křídě bylo klima už značně proměnlivé, například kolísal obsah CO₂ v atmosféře a v oceánech byla řada anoxických událostí (Košťák et al., 2001). Na konci křídý hladina oceánů opět klesla.



Obr. 1 Předpokládaná paleogeografická situace ve svrchní křídě.

V křídě docházelo ke značným pohybům kontinentů a důsledkem toho k řadě horotvorných procesů. Kontinenty se rozpadaly a postupně nabíraly obrysy známé ze současnosti (Obr. 1). Oddělením jižní Ameriky od Afriky se začala vytvářet jižní část Atlantického oceánu a na konci křídý se spojila se severní částí, která vznikla už v juře a v období křídý se dále rozšiřovala. Indie putovala k severu, kde na konci křídý kolidovala s čínskou deskou. Austrálie se oddělila od Antarktidy. Pohybem Afriky k severu a subdukci oceánských desek začalo alpínské vrásnění, které vytvářelo obraz dnešní Evropy. V severní Americe zase pacifická oceánská deska způsobila severskou a laramickou orogenezi (Maxson a Tikoff, 1996).

Typickým sedimentem tohoto období je jemnozrnný vápenec, psací křída, po které má celé období své jméno. Tvoří ho zejména kokolity, destičky vytvářené jako ochranný obal jednobuněčnými mořskými řasami. Klima v křídě bylo pro usazování vápenců velmi příznivé. Na území České republiky se v období křídý vytvářela česká křídová pánev. Její sedimenty jsou značně různorodé. Skutečně typickým sedimentem v naší křídě je jemnozrnný vápenec s obsahem křemenných částic, nazývaný opuka.

Cenomanská transgrese ovlivnila vývoj celé řady mořských druhů. Zvýšením hladiny oceánů se otevřely nové migrační cesty. Zaplavením šelfů vymřela stará společenstva a usidlovala se nová v nových prostředích (Chlupáč et al., 2002). Druhovú rozmanitost amonitů, které jsou v mezozoiku vůdčími zkamenělinami, se postupně zmenšovala, až na konci křídý vymřeli. Naproti tomu se rozvíjeli jiní měkkýši (například gastropodi a ústřice), ostnokožci a korýši (Chlupáč et al., 2002).

V křídě se dále bohatě rozvíjeli obratlovci, a to ve všech prostředích. Na souši stále dominovali dinosauři, kteří se vyvíjeli v nové formy, například hadrosauři nebo ceratopsidi. Až na konci křídý éra dinosaurů skončila. Konec křídý a začátek terciéru byl důležitý okamžik v historii Země. Sedimentologický záznam ukazuje na náhlou událost, která v této době nastala, a měla značný vliv na vývoj života (Chlupáč et al., 2002). Klima se prudce ochladilo, a kromě dinosaurů vyhynulo mnoho dalších skupin organismů, například mořští plazi, amoniti, inoceramidní mlži, většina belemnitů nebo některé rody krytosemenných rostlin. V mořích se dále vyvíjeli mořští plazi, ale také kostnaté ryby, žraloci a rejnoci. Létající plazi dorůstali obrovských rozměrů, ale nakonec ustoupili ve prospěch rychle se rozvíjejících ptáků. Savci byli zatím stále drobní živočichové, ale i u nich docházelo k velkému vývoji. Objevili se placentálové, kteří rodili velmi vyvinutá mláďata (Chlupáč et al., 2002).

Z hlediska vývoje flory došlo v křídě k přelomové změně. Na začátku křídý ještě světovým společenstvům dominovaly nahosemenné rostliny. V průběhu křídý však vůdčí roli v ekosystémech přejaly rostliny kvetoucí, krytosemenné. Jejich první zástupci se objevili už ve spodní křídě (Friis et al., 2010), velmi rychlým vývojem na hranici spodní a svrchní křídý nahradily nahosemenné rostliny ve většině společenstev. Na konci křídý tvořily až 90% popsáných druhů (Chlupáč et al., 2002). Tato dramatická změna v druhovém složení rostlin je hranicí kenofytika, třetí vývojové epochy rostlinstva. Spolu s vývojem krytosemenných rostlin docházelo také k velkému vývoji hmyzu, který tyto rostliny opyloval nebo se těmito rostlinami živil (Labandeira a Currano, 2013).

7 Srovnání paleoklimatu českého masivu a ostrova Jamese Rosse

V dnešní době se jedná o dvě naprosto odlišné oblasti, které spolu mají málo společného. V době svrchní křídly bylo klima v oblasti českého masivu a ostrova Jamese Rosse mnohem podobnější, přesto ne zcela stejné.

Český masiv se nacházel přibližně mezi 30° a 40° severní šířky (Hay et al., 1999). Na základě rostlinných fosilií se předpokládá, že zde panovalo subtropické klima s průměrnými ročními teplotami mezi 15,5°C a 17°C a s ročním úhrnem srážek mezi 1300 a 1500 mm (Herman et al., 2002). V klikovském souvrství v období turonu až santonu jsou hodnoty o něco nižší než v perucko-korycanském souvrství v období cenomanu.

Tento odhad vznikl na základě CLAMP analýzy - Climate-leaf Analysis Multivariate Program (Herman et al., 2002). Tato metoda srovnává anatomické znaky listů rostlin, které naznačují přizpůsobení určitému prostředí, například teplotě nebo vlhkosti. Rostliny nemohou migrovat, proto musí být přizpůsobené klimatickým podmínkám, ve kterých rostou. Z toho důvodu jsou rostlinné fosilie cenným zdrojem informací pro rekonstrukce paleoklimatu.

Pro rekonstrukci klimatu na Antarktických nalezištích nebyla CLAMP analýza dostatečně vypovídající, protože vyžaduje dobře zachované listové fosilie alespoň dvaceti druhů na jedné lokalitě, což Antarktická naleziště nesplňují (Hayes et al., 2006). Proto byla tato metoda doplněna dalšími, například LMA (Leaf Margin Analysis), která zkoumá vztah listového okraje k průměrné teplotě, nebo MLR model (Multiple Linear Regression), který zkoumá celou řadu listových znaků, ale není tak náročný na dobré zachování fosilií, jako CLAMP analýza.

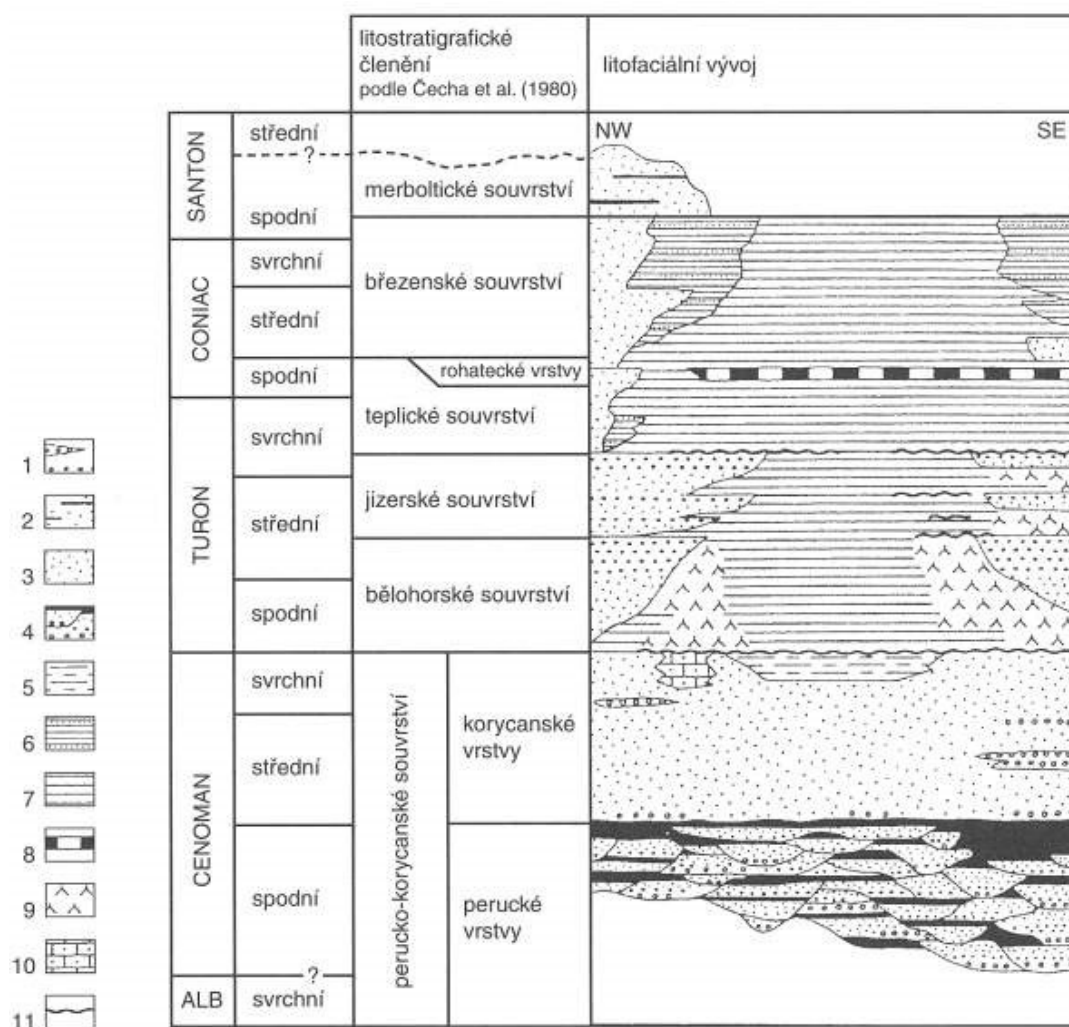
Na základě těchto metod se odhaduje, že na ostrově Jamese Rosse panovalo ve svrchní křídě teplé subtropické klima, ačkoliv se nacházel kolem 65° jižní šířky (Hayes et al., 2006). Průměrné roční teploty se pohybovaly kolem 17°C v období coniacu a kolem 19°C v období santonu. Rekonstrukce ročního úhrnu srážek je obtížnější, z důvodu špatného zachování listových fosilií a poškození reprezentativních znaků, ale pravděpodobně bylo vyšší než 2000 mm, možná i 2500 mm.

Společným znakem zkoumaných oblastí je tedy průměrná roční teplota kolem 17°C. Oblasti se liší v množství srážek a pravděpodobně i v jejich distribuci (Hayes et al., 1999, Herman et al., 2002).

8 Geologie – Český masiv

8.1 Lokalita Pecínov

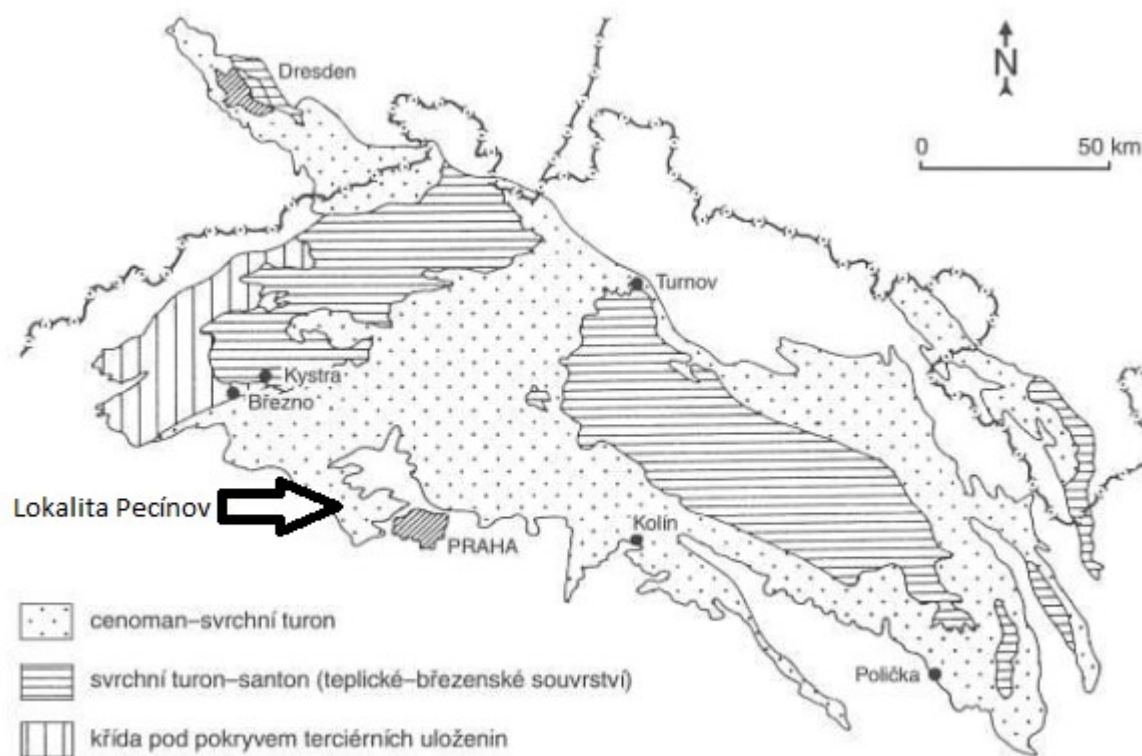
Studovaný materiál z českého masivu pochází ze sedimentů perucko-korycanského souvrství, které je součástí české křídové pánve, rozlohou největší oblasti křídových uloženin na našem území (Chlupáč et al., 2002). Jedná se o evropskou epikontinentální pánev, zaplavenou mořem po cenomanské transgresi. Nejstarší výplň pánve tvoří vrstvy perucké a korycanské, které dohromady tvoří perucko-korycanské souvrství (Čech et al., 1980).



Obr. 2 Stratigrafické schéma české křídové pánve. 1 – slepence; 2 – pískovce s vložkami jílovců; 3 – pískovce; 4 – cyklické střídání slepenců, pískovců a jílovců; 5 – prachovce; 6 – vápnité jílovce s vložkami pískovců; 7 – vápnité jílovce až biomikritové vápence; 8 – rohatecké vrstvy; 9 – slínovce (opuky); 10 – bioklastické vápence; 11 – glaukonitické obzory na hiátových plochách. (Chlupáč et al., 2002).

Perucké vrstvy tvoří uloženiny řek, jejich estuarinních ústí, slaných marší a tidálních plošin. Jejich mocnost a složení značně závisí na lokálních podmínkách (Uličný a Špičáková 1996, Chlupáč et al., 2002, Čech 2011). Většinou jde o fluviální a estuarinní sedimenty, které překrývají hrubozrnnější pískovce a uzavírají jemnozrnné pobřežní jílovce (Uličný et al., 2009). V některých místech jsou ovlivněny mořem, lze v nich nalézt slanomilné rostliny i mořskou mikrofaunu. Perucké vrstvy jsou velmi bohaté na rostlinné fosilie.

Nadloží peruckých vrstev tvoří vrstvy korycanské, které mohou perucké vrstvy také laterálně nahrazovat. Jsou tvořené především kaolinickými pískovci s polohami slepenců, ve vyšších polohách pak glaukonitovými pískovci. Jedná se o mořské uloženiny bohaté na mělkovodní faunu. Častými nálezy jsou mlži, plži, také ichnofosilie a vzácně i rostliny.

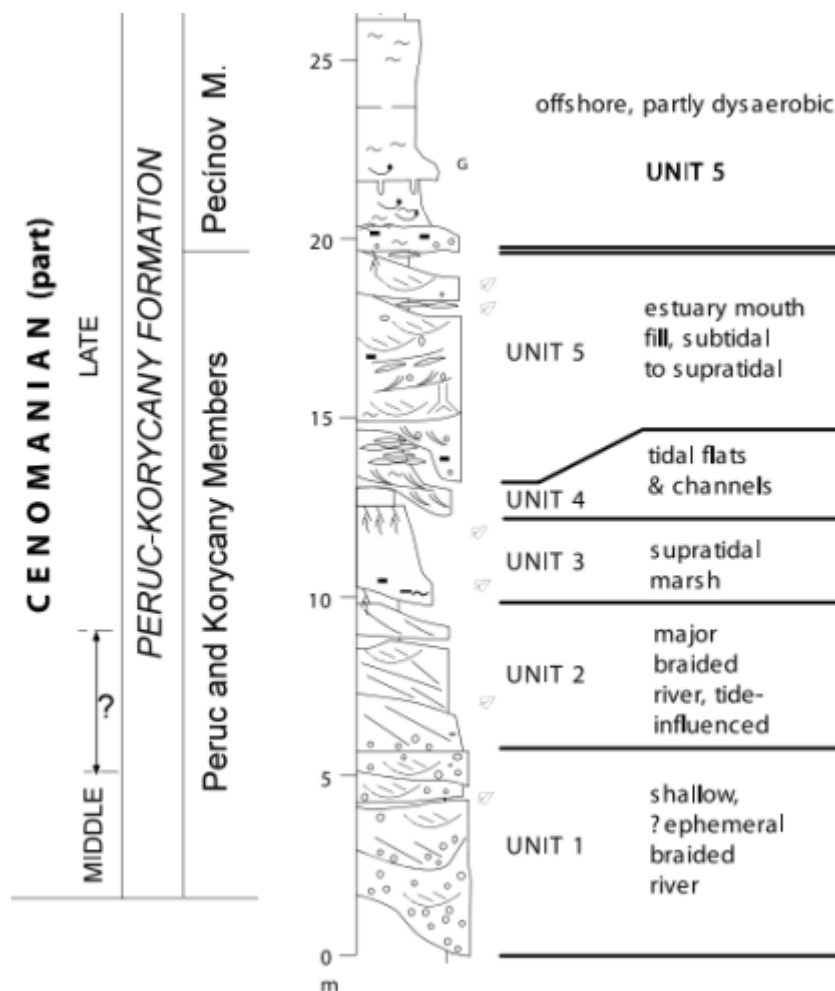


Obr. 3 Schematická geologická mapa české křídové pánve s polohou lokality Pecínov. Upraveno. (Chlupáč et al., 2002).

Lokalita Pecínov je stále činný lom ležící dva kilometry jižně od Nového Strašecí v okrese Rakovník, asi 40 kilometrů západně od Prahy. V lomu se těží žáruvzdorné lupky z permokarbonských vrstev, které leží v podloží vrstev křídových tvořených perucko-korycanským a bělohorským souvrstvím (Košťák et al., 2011). Křídové vrstvy jsou tak odkryty a dosahují mocnosti více než 30 metrů.

V době cenomanu bylo v této oblasti údolí ohraničené Jedomělickou a Unhošťsko-Turskou vyvýšeninou. Toto prostředí bylo činností řeky a zdvihající se hladiny moře postupně denudované (Kvaček et al., 2006). Uličný a Špičáková (1996) zde definovali pět jednotek, u kterých se kvůli postupné transgresi stupňuje vliv moře. První jsou říční

sedimenty, na nich sedimenty řeky ovlivněné přílivem, další je supratidální slaná marše, tidální plošina a nakonec sedimenty ústí estuárie.



Obr. 4 Jednotky Perucko-korycanského souvrství. Upraveno. (Uličný et al., 1997).

Uličný et al. (1997) interpretovali prostředí těchto jednotek včetně rekonstrukce vegetace založené na nálezích rostlinných makro-, meso- a mikrofosilií:

První jednotku (Unit 1) tvoří sedimenty mělké anastomozní řeky s migrujícími kanály. Sedimenty jsou spíše střednězrnné, jedná se především o špatně vytríděné konglomeráty, pískovce a jílovce. Mezi rostlinnými fosiliemi dominují *Myrtophyllum* a jiné krytosemenné rostliny, které naznačují, že v prostředí pohybujících se břehů a ostrovů rostly převážně listnaté galeriové lesy a na méně stabilních místech křovinná vegetace.

V druhé jednotce (Unit 2) převažují jemnozrnné sedimenty, především konglomeráty, pískovce a jílovce. Jedná se o prostředí mělké anastomozující řeky ovlivněné přílivem, což dokládají nalezené pyritové konkrce. Klima bylo zřejmě humidnější než v jednotce 1.

Vegetace byla stále složená především z krytosemenných rostlin, tentokrát menšího vzrůstu, kvůli méně stabilnímu prostředí. V nehojných bažinách mrtvých ramen rostly konifery.

Ve třetí jednotce (Unit 3) se stupňuje vliv moře a tvoří se supratidální marše. Sedimentují tmavě šedé pískovce a dále šedé a černé jílovce s pyritovými konkréciemi. Vegetace byla slanomilná, dominovaly především konifery jako *Frenelopsis* a jinanovitá rostlina s listy *Eretmophyllum*. V příbřežních bažinách, které lemovaly říční estuárie, rostly bažinné konifery *Ceratostrobis* a *Cunninghamites*. Krytosemenných rostlin bylo málo. Vegetace byla často zónová, podobně jako v dnešních mangrovech.

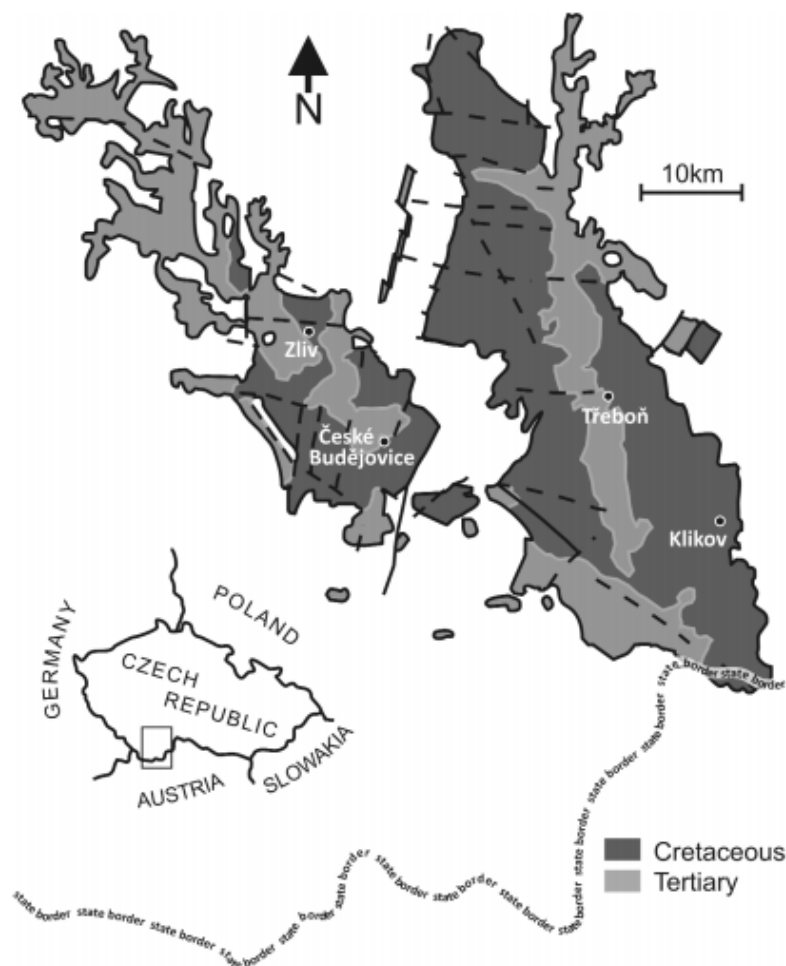
Čtvrtou jednotku (Unit 4) tvoří sedimenty tidální plošiny. Prostedí je přechodné mezi říčním a mořským a je výrazně ovlivněné přílivem. Ukládají se zde hlavně střednězrnné pískovce a jílovce. Vegetační pokryv zřejmě chyběl, nalezené fosilie jsou alochtonní, stále především nahosemenné. Za zmínku stojí nálezy zuhelnatělého dřeva, které dokládají požáry v blízkých lesích. Vlivem silné eroze může mít jednotka menší mocnost nebo zcela chybět.

Pátá jednotka (Unit 5) je interpretovaná jako estuariní ústí řeky, kde je už výrazný vliv moře. Mezi fosiliemi je bohatě zastoupená mořská fauna. Jednotka je vyplněná hrubozrnnými pískovci a ve svrchní části tmavými jílovci. Je podobná třetí jednotce, ale nepřítomnost rodu *Frenelopsis* naznačuje, že se jednalo o poněkud jiné bažinné prostředí bez návaznosti na slanou marši. Mezi rostlinnými fosiliemi stále dominovaly konifery, například *Sphenolepis*, *Brachyphyllum* a *Cunninghamites*. Zajímavé jsou také nálezy nepravých kmenů stromovitých kapradin rodu *Tempskya*.

8.2 Lokalita Zliv-Blana

Studovaný materiál pochází ze sedimentů klikovského souvrství, které je součástí českobudějovické pánve v jižních Čechách. Českobudějovická pánev je jednou ze dvou křídových jihočeských pánví, větší Třeboňská pánev je oddělena Lišovským hřbetem. Sedimenty se v pánvích ukládaly od spodní křídý až do pliocénu (Slánská, 1976). Klikovské souvrství tvoří bazální část sedimentů a pochází z období turonu až santonu (Váchová a Kvaček, 2009).

V klikovském souvrství se střídají tři litologické typy: žlutošedé hrubozrnné až střednězrnné pískovcové uloženiny, dále červené uloženiny špatně vytríděných jílovitých pískovců a písčitých kalovců a nakonec šedé vrstvy pískovců a jílovců s hojnými rostlinnými makro-, meso- i mikrofosiliemi (Heřmanová et al., 2014).

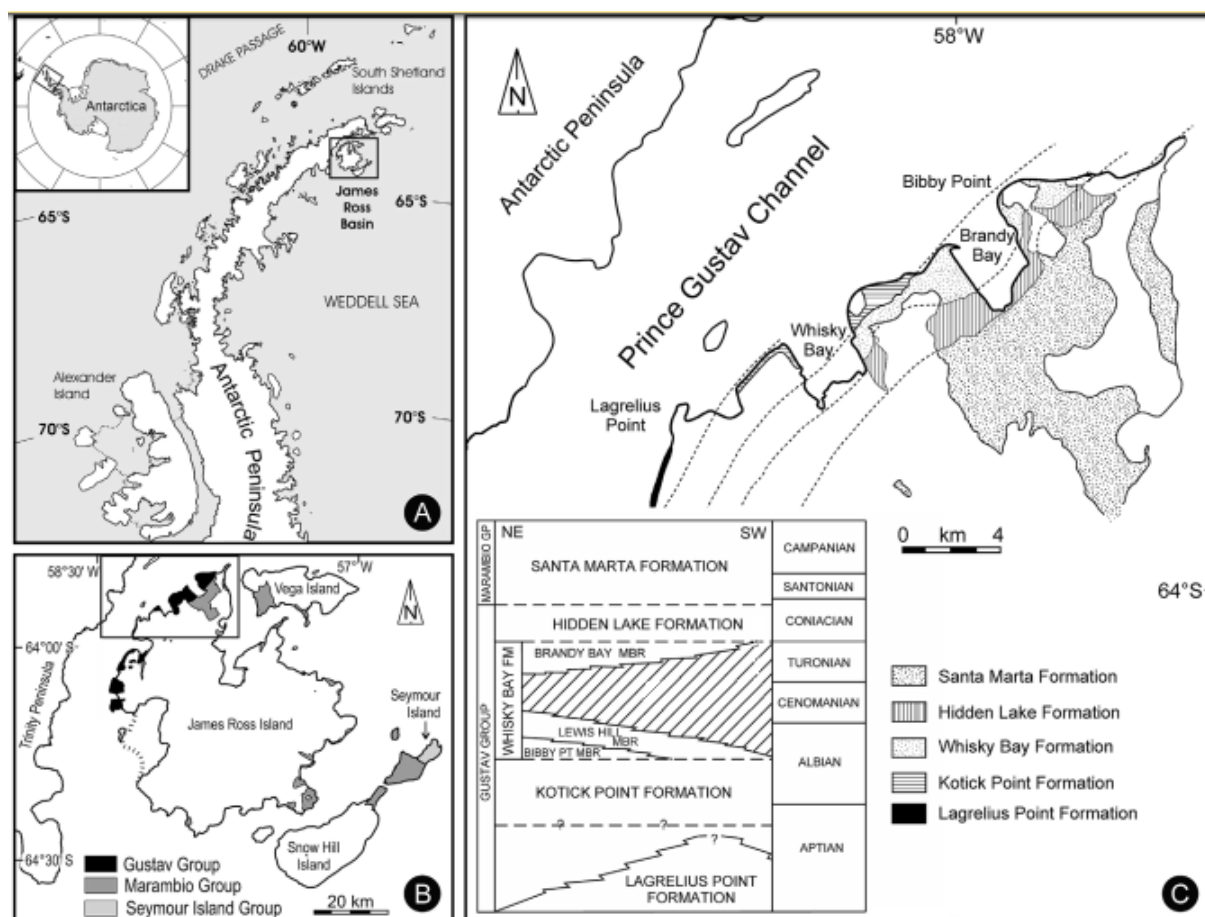


Obr. 5 Geografická poloha jihočeských pánví a lokality Zliv-Blana. Tmavě šedá – křídové uloženiny, světle šedá – terciární uloženiny. (Heřmanová a Kvaček, 2012).

Lokalita Zliv-Blana je povrchový činný lom, který se nachází asi 15 kilometrů severně od Českých Budějovic. Profil stěny lomu obsahuje všechny tři litologické typy klikovského souvrství. Bázi profilu tvoří asi 2 metry mocná vrstva fosiliferných šedých jílovců bohatých na rostlinné fosilie (Heřmanová et al., 2014).

9 Geologie – Ostrov Jamese Rosse

Ostrov Jamese Rosse, jedna z nejbohatších lokalit v Antarktidě, se nachází blízko severovýchodního Antarktického poloostrova. Naleziště jsou bohaté na křídovou floru a jejímu studiu se věnovalo mnoho vědců (např. Kvaček a Vodrážka, 2015). Na ostrově leží výzkumná stanice Brněnské univerzity. Lokalitu navštěvují také čeští vědci.



Obr. 6 A – Mapa ukazující umístění oblasti ostrova Jamese Rosse. Oblast v rámečku je vyobrazena v detailu v obrázku B. B – Schematická geologická mapa ukazující skupiny Gustav, Marambio a Ostrov Seymour v oblasti ostrova Jamese Rosse. Oblast v rámečku je vyobrazena v detailu v obrázku C. C – Schematická geologická mapa ukazující křídové uloženiny na severozápadě ostrova Jamese Rosse. Přerušované čáry vyobrazují hranice formací. Vlevo dole je stratigrafický diagram vyobrazené oblasti. Upraveno. (podle Kvaček a Vodrážka, 2015).

V době svrchní křídý nebyla Antarktida pokrytá ledem, ale bohatou vegetací. Z počátku svrchní křídý místním lesům ještě dominovaly nahosemenné rostliny se spodním patrem

tvořeným kapradinami a mechorosty, ale vůdčí roli rychle přebíraly krytosemenné rostliny (Cantrill a Poole, 2012). Výskyt kapradin, plavuní a mechorostů zpočátku poklesl, zřejmě kvůli velké konkurenci krytosemenných rostlin, ale během svrchní křídý se výtrusné rostliny znovu rozvíjely. Cantrill a Poole (2012) to přisuzují novým nikám, které změny vegetace vytvořily.

Uloženiny ostrova Jamese Rosse jsou součástí velké larsenovy pánve. Sedimenty, které se ukládaly od pozdního mezozoika do spodního kenozoika, mají mocnost 6 kilometrů. Jde především o prachovce, pískovce a konglomeráty. Profil zahrnuje tři skupiny: skupina Gustav, která se usazovala od aptu do coniaqu, skupina Marambio, která se usazovala od coniaqu do paleocénu, a skupina Ostrov Seymour, se stářím sedimentů od paleocénu do oligocénu (Kvaček a Vodrážka, 2015).

Studovaný materiál pochází ze souvrství Hidden Lake a Santa Marta. Souvrství Hidden Lake se usazovala v coniaqu a je vrcholnou formací skupiny Gustav. Šlo o prostředí dna moře pod oblastí ovlivněnou vlnami. Usazovaly se především vulkano-klastické konglomeráty, pískovce a kalovce (Kvaček a Vodrážka, 2015). Souvrství Santa Marta je bazální formací skupiny Marambio (Kvaček a Sakala, 2012). Vulkano-klastické sedimenty se usazovaly od santonu do spodního campanu. Šlo o sedimenty šelfu, kde velké množství klastického sedimentu pocházelo z delty řeky z blízkého Antarktického poloostrova (Pujana et al., 2017).

10 Materiál

Pro studium fosilních mechorostů byl použitý materiál z ostrova Jamese Rosse z lokality Crame Col, nacházející se asi 4 km jihozápadně od Mendelovy polární stanice, a z českého masivu z lokalit Pecínov a Zliv-Blana. Materiál z ostrova Jamese Rosse je uložen ve sbírkách České Geologické služby a Národního muzea. Materiál ze souvrství Santa Marta získal převážně Dr. Vodrážka při svých pobytech na Mendelově stanici. Dříve z něj byly vytríděné živočišné fosilie. Během tohoto třídění došlo částečně k mechanickému poškození rostlinných fosilií.

Materiál z českého masivu je uložen ve sbírkách Národního muzea. Získali jej při svých terénních výzkumech F. Němejce, B. Pacltová, J. Kvaček a J. Váňa.

Materiál popisovaný v této práci zahrnuje jednak lignifikované rostlinné mesofosilie, a to z lokalit Crame Col (souvrství Santa Marta) a Pecínov (perucko-korycanské souvrství), dále pak částečně permineralizované rostlinné otisky z lokality Crame Col (souvrství Hidden Lake). Nejčastějším typem zachování jsou rostlinné otisky nesoucí jisté množství uhelné hmoty z lokalit Pecínov (perucko-korycanské souvrství) a Zliv-Blana (klikovské souvrství).

11 Metodika

11.1 Rozpuštění sedimentu

Materiál z ostrova Jamese Rosse byl rozpuštěn novou metodou pro extrakci vápenatých fosilií (Vodrážka, 2009). Metoda využívá rozdílné rychlosti rozpouštění mikrokystalického a makrokystalického vápence v 38% kyselině sírové. Oproti jiným chemickým metodám má výhody, že je rychlá a velmi dobře rozpouští sediment na povrchu fosilií a vápenatý sediment s nízkou pórovitostí.

Při použití této metody (Vodrážka, 2009) se napřed mechanicky odstraní větší kusy přebytečné horniny. Menší vrstvy není třeba odstraňovat a ani se to nedoporučuje kvůli možnému mechanickému poškození fosilie. Před dalším postupem musí být vzorek vysušený, doporučuje se sušit při 100°C po dobu jednoho dne. Poté se vzorek rozpouští v 38% kyselině sírové v plastové nebo skleněné nádobě s víčkem. Pokud proces trvá méně než dvě hodiny, nedojde k žádnému poškození fosilie. U některých pevnějších jílovitých vápenců je potřeba delší rozpouštění, které zvyšuje riziko poškození povrchu fosilie.

Po rozpouštění horniny je třeba vzorek důkladně opláchnout tekoucí vodou a poté neutralizovat ve vodném roztoku uhličitanu sodného, aby nedošlo k rozpouštění fosilií. Vzorek je potřeba neutralizovat po dobu dvou až šesti hodin. Nakonec je třeba vzorek očistit od povlaku usazeného během rozpouštění, a to buď vodním proudem, ultrazvukem nebo štětečkem.

Použití této metody je vhodné při získávání vápenatých nebo částečně pyritizovaných fosilií ze slínovců, vápenců a jiných vápenatých sedimentů (Vodrážka, 2009). Je velmi účinná při získávání marinních fosilií, proto byla použita na vzorky dovezené z ostrova

Jamese Rosse. Tato metoda naopak není nutná pro extrakci rostlinných fosilií, které nejsou vápenaté, a křehké stélky mechorostů byly při čištění vzorků částečně mechanicky poškozené.

Materiál z Pecínova byl rozpuštěný v roztoku uhličitanu sodného a vody. Rozvolněný sediment byl plaven na sítích o velikosti oka 0,2 mm a vybrané mesofosilie byly tříděny ve vodní lázni a posléze uchovány v glycerinu s příměsí tymolu.

11.2 Kutikulární analýza

Houby a řasy popisované v této práci byly nalezeny na povrchu fosilních listů vyšších rostlin. U těchto listů byla provedena kutikulární analýza.

Napřed byly vzorky macerovány v 49-51% kyselině fluorovodíkové po dobu přibližně 30 minut, aby byly zbaveny zbytků horniny. Následně byly vzorky desetkrát proprané ve vodní lázni. Poté byly vzorky namočené do Schulzeho roztoku, což je nasycený roztok kyseliny dusičné a chlorečnanu draselného, po dobu přibližně 45 minut. Schulzeho roztok reaguje s organickými látkami a umožňuje jejich rozpuštění ve vodném roztoku hydroxidu draselného (KOH), do kterého byly vzorky umístěny po maceraci v Schulzeho roztoku a přeprání ve vodě.

Výsledkem byly prosvětlené vzorky nepoškozené listové kutikuly, které mohly být dále pozorované pod mikroskopem. V některých případech, kdy byla kutikula příliš silná, muselo být macerování v Schulzeho roztoku a rozpouštění v KOH opakováno, dokud nebylo dosaženo požadované světlosti. Nakonec byly vytvořené trvalé preparáty, kutikuly byly umístěny do kapky glycerinu, překryté krycím sklíčkem a uzavřeny Noyerovým rámečkovacím tmelem.

11.3 Příprava vzorků

Rostlinné mesofosilie byly pozorovány pod stereoskopickým mikroskopem Olympus SZX 12 a na základě morfologických znaků byly vybírány vzorky k dalšímu studiu. Mesofosilie z lokality Pecínov byly poté vyčištěny pomocí kyseliny fluorovodíkové (50%)

od zbytků horniny, několikrát propláchnuty vodou, očištěny destilovanou vodou a nakonec usušeny.

Mesofosilie z ostrova Jamese Rosse byly pouze usušeny, protože při procesu čištění v kyselině fluorovodíkové docházelo k jejich poškození. Proto nejsou tyto vzorky zcela zbavené všech zbytků horniny. Vzorky byly následně nalepeny na nosiče SEM pomocí bezbarvého laku na nehty a pokryty tenkou vrstvou zlata pro větší kvalitu obrazu.

11.4 Pozorování a dokumentace

Trvalé preparáty rostlinné kutikuly s houbami a řasami byly pozorovány na světelném mikroskopu Olympus BX50, vybaveném digitální kamerou Olympus DP-74. Pro fotodokumentaci byl použitý program QuickPHOTO MIKRO 3.0.

Rostlinné otisky byly pozorovány pod stereoskopickým mikroskopem Olympus SZX 12, vybaveném digitální kamerou Olympus DP-70. Pro fotodokumentaci byl použitý program QuickPHOTO MIKRO 2.0.

Připravené rostlinné mesofosilie, především mechové rostlinky, ale také části vyšších rostlin porostlé řasami, byly pozorovány a dokumentovány pomocí skenovacího elektronového mikroskopu (SEM) Hitachi S – 3700N.

Z fotografií byly vytvořeny fototabule v programu pro vektorové ilustrace CorelDRAW 2020.

12 Systematická část

Systematické zařazení rostlinných fosilií bylo převzato ze souhrnné publikace Taylor et al. (2009). Byly popsány dva druhy hub z českého masivu a jeden druh řasy z českého masivu. Na nalezišti na ostrově Jamese Rosse houby a řasy nebyly nalezeny. Dále byly popsány dva druhy jatrovek a jeden druh nejasného systematického zařazení z českého masivu, dva druhy mechů z českého masivu a tři druhy mechů z ostrova Jamese Rosse.

12.1 Houby

Oddělení: Ascomycota

Pododdělení: Pezizomycota

Třída: Dothideomycetes

Podtřída: Dothideomycetidae

Řád: Capnodiales

Čeleď: Mycosphaerellaceae

Rod: *Passalora* Fries 1849

Typový druh: *Passalora baciliger* Montagne et Fries 1856, s. 305

Druh: cf. *Passalora* sp.

Tab. I, obr. a-c

Stratigrafie: cenoman, perucko-korycanské souvrství

Lokalita: Pecínov, jednotka 3, 5

Studovaný materiál: č. F 4922, F 2532, coll. NM.

Popis:

Studované fosilie jsou mycelium hub, které tvoří stroma pod povrchem rostlinné kutikuly. Stroma je oválné, přibližně 25x35 μm (tab. I, obr. a, b). Hyfy jsou přehrádkované, asi 4,5 μm široké, hnědé, v oblasti stroma výrazně tmavší (tab. I, obr. c). Hostitelskými rostlinami mycelií jsou konifery *Brachyphyllum squamosum* (Velenovský) Palibin u nálezu č. F 4922 a *Geinitzia cretacea* (Geinitz) Hollick et Jeffrey u nálezu č. F 2532, obě pocházejí z lokality Pecínov.

Diskuze:

Nález morfologicky připomíná recentní rod *Passalora sequoiae* (Ellis & Everh.) Y.L. Guo & W.H. Hsieh, který způsobuje onemocnění celé řady konifer (Sutton and Hodges, 1990). Přes morfologickou podobnost fosilní vřeckovýtrusé houby recentnímu rodu *Passalora* nemusí znamenat jednoznačnou příbuznost.

Houba pronikala do rostlinného hostitele průduchy buď ještě za života rostliny, nebo až po smrti. Plodnice pravděpodobně vyrostly až postmortálně, protože na rostlině chybí stopy po odpovědi na růst parazita. Některé houbové útvary nejsou dostatečně vyrostlé z důvodu nevhodného prostředí pro růst. Aby mohly být rostlinné zbytky zachovány ve fosilním záznamu, musely se v nějakém okamžiku ocitnout ve vodním prostředí. Namočení větévky do vody a následná sedimentace byly pravděpodobně důvodem, že houba dále nerostla a odumřela.

Oddělení: Ascomycota

Čeleď: Micropeltidaceae

Rod: *Stomiopeltis* Theissen 1914

Typový druh: *Stomiopeltis aspersa* (Berkeley) Theissen 1914, s. 85

Druh: cf. *Stomiopeltis* sp.

Tab. I, obr. d

Stratigrafie: cenoman, perucko-korycanské souvrství

Lokalita: Pecínov, jednotka 3, 5

Studovaný materiál: č. F 4923, coll. NM.

Popis:

Studovaná fosilie je mycelium hub, které se nachází v listu konifery. Fosilie tvoří štítkovité plodnice thyriotheceum pod povrchem rostlinné kutikuly (tab. I, obr. d).

Thyriotheceum je nepravidelně kupovitého tvaru, o velikosti 250 µm v průměru. Hyfy jsou

přehrádkované, tmavě hnědé, asi 4 µm široké. Hostitelskou rostlinou mycelií je konifera *Sphenolepis pecinovensis* J. Kvaček z lokality Pecínov.

Diskuze:

Studovaný nález je na úrovni řádu příbuzný s předchozím taxonem popsaným jako cf. *Passalora* sp. a jejich ekologie byla zřejmě podobná. Studovaná houba také napadala konifery rostoucí na lokalitě Pecínov a zachovala se z vnitřní strany na jejich listové kutikule. Od předchozího druhu se liší morfologickou stavbou plodnic.

Studovaná houba tvoří velké štítkovité plodnice, které jsou typické pro recentní řád Micropeltidaceae (Ellis a Ellis, 1997). Nález morfologicky připomíná recentní rod *Stomiopeltis* Thessien, ale nebyly zachovány znaky, které by umožnily přesné systematické zařazení. Proto byl nález zařazen pouze do rodu jako cf. *Stomiopeltis* sp.

12.2 Řasy

Oddělení: Chlorophyta (zelené řasy)

Třída: Ulvophyceae

Řád: Trentepohliales

Čeleď: Trentepohliaceae

Rod: *Phycopeltis* Millardet 1870

Typový druh: *Phycopeltis epiphyton* Millardet 1870, s. 48

Druh: *Phycopeltis* sp.

Tab. II, obr. a-f

Stratigrafie: cenoman, perucko-korycanské souvrství

Lokalita: Pecínov, jednotka 2 a 3

Studovaný materiál: č. F 4919, F 4920, F 4921, coll. NM.

Popis:

Studované fosilie mají kruhovou až oválnou stélku, která roste na povrchu těl vyšších rostlin (tab. II, obr. a, c). Velikost stélky je přibližně 1-1,5 mm v průměru u nálezů č. F 4919, a přibližně 320-400 μm u nálezů č. F 4920 a č. F 4921. Buňky jsou velké přibližně 5x10-15 μm a vyrůstají paprscitě ze středu (tab. II, obr. b, d). Okraje stélky jsou laločnaté (tab. II, obr. b).

Diskuze:

Nález morfologicky připomíná recentní i fosilní nálezy rodu *Phycopeltis* Millardet (Rindi and Guiry, 2002, Novis et al., 2015). Při pozorování v elektronovém mikroskopu byly patrné typické paprscitě rostoucí buňky. Stélky studovaného materiálu se od sebe velikostně poměrně hodně liší, ale u druhu *Phycopeltis* je velikost značně proměnlivá a často závisí spíše na hustotě stélek na rostlině než na fyziologických možnostech (Rindi and Guiry, 2002).

Nález může morfologicky připomínat také epifytické houby, proto byla u jednoho nálezů (F 4919) provedena kutikulární analýza (tab. II, obr. e). Nález neobsahoval žádné zbytky hyf (tab. II, obr. f), proto lze příbuznost s houbami zcela vyloučit. Na rostlinné kutikule také nejsou patrné průduchy, což naznačuje, že stélky rostly na svrchní straně listu. Houby často používají právě průduchy pro vniknutí do těla rostliny.

12.3 Mechorosty

Oddělení: Bryophyta

Pododdělení: Marchantiophytina

Třída: Marchantiopsida

Řád: Ricciales

Čeled': Ricciaceae

Rod: *Ricciopsis* Lundblad 1954

Typový druh: *Ricciopsis florinii* Lundblad, 1954, s. 387

Druh: *Ricciopsis* sp. n. 1

Tab. III, obr. a-f

Stratigrafie: perucko-korycanské souvrství, perucké vrstvy, cenoman, svrchní křída

Lokalita: lom Pecínov, jednotka 2

Studovaný materiál: č. F 3881, F 4672, F 4916, F 4917, F 4918, coll. NM.

Popis:

Studované fosilie mají lupenitou růžicovitou stélku (tab. III, obr. b). Stélky mají přibližně kruhový tvar a velikost se pohybuje mezi 12 mm a 16 mm v průměru. Stélka vyrůstá radiálně ze středu ve dvou nebo třech větvích. Osy se dichotomicky větví, nejčastěji čtyřikrát nebo třikrát. Úhel větvení se pohybuje mezi 40° a 60°, někdy i více. Stélka má střední žebro (tab III, obr. a), u některých exemplářů méně patrné kvůli špatnému zachování. Povrchové detaily stélky nejsou zachované.

Segmenty jsou celokrajné, protáhlé, rovné nebo lehce klínovité. Šířka segmentu je 0,5 až 1 mm a délka segmentu se zvyšuje s každým větvením. Střední žebro má šířku 0,2 až 0,4 mm. Konce stélky jsou zaoblené.

Vedle výše popsaných fosilií se ve studovaném materiálu nacházejí nápadně menší jedinci, které lze považovat za juvenilní stadia (tab III, obr. d-f). Stélka je růžicovitá přibližně kruhovitého tvaru o velikosti 9 mm v průměru. Vyrůstá radiálně nejčastěji ve dvou větvích, které se dvakrát dichotomicky větví. Úhel větvení, šířka segmentů a další znaky jsou shodné s většími fosiliemi.

Diskuze:

Čeled' Ricciaceae zahrnuje dva recentní rody, *Riccia* a *Ricciocarpos*, a jeden fosilní rod *Ricciopsis*. Ten stanovila Britta Lundblad jako „sterilní fosilní lupenitou stélku játrovky,

kteřá se podobá zástupcům podčeledi Ricciineae více než jakékoli jiné recentní skupině“ (Lundblad, 1954). Nejnápadnějším znakem rodu *Ricciopsis* je růžicovitá stélka, ačkoliv se k tomuto rodu řadí také dva fosilní druhy, které ji netvoří.

K čeledi Ricciaceae se řadí devět fosilních druhů (Li et al., 2019): *Ricciopsis sandaolingensis* Li et Sun, *Ricciopsis florinii* Lundblad, *Ricciopsis scanica* Lundblad, *Ricciopsis grandensis* Cladera et al., *Ricciopsis algoaensis* Gianniny et Wiens, *Riccia chitaleyii* Sheikh et Kapgate, *Riccia thongjaorokensis* Hemata Singh et Kishor, *Ricciopsis ferganica* Moisan a *Ricciopsis speirsae* Hoffman et Stockey. Studovaný druh se od dosud popsáných liší tvarem a velikostí stélky, tvarem a velikostí segmentů a počtem dichotomických větvení.

Ricciopsis grandensis Cladera et al. ze spodní křídý Patagonie (Cladera et al., 2007) je svým tvarem a velikostí studovanému druhu nejpodobnější. Má růžicovitou stélku o průměru přibližně 15 mm, segmenty rovné nebo lehce klínovité a zřetelně patrné střední žebro. Tvoří však maximálně tři dichotomická větvení, oproti studovanému druhu, který tvoří tři nebo čtyři větvení, a segmenty jsou se svou šířkou až 2 mm příliš velké.

Ricciopsis florinii Lundblad, typový druh rodu *Ricciopsis*, a *Ricciopsis scanica* Lundblad ze spodní jury ze Scromberga (Lundblad, 1954) se od studovaného druhu liší tvarem a velikostí. *Ricciopsis florinii* Lundblad má 25 mm v průměru a je tedy o něco větší, má pouze tři dichotomická větvení, a především segmenty nejsou protáhlé, jejich šířka a délka je téměř shodná. *Ricciopsis scanica* Lundblad je oproti studovanému druhu příliš malá, má pouze 10 mm v průměru a pouze dvě dichotomická větvení. Také má až pět větví vyrůstajících ze středu, ale studovaný druh pouze dvě až tři.

Ricciopsis sandaolingensis Li et Sun ze střední jury z Xinjiangu v Číně (Li et al., 2019) je další játrovka s růžicovitou stélkou. Od studovaného druhu se zřetelně odlišuje velikostí, má průměr stélky 26-37 mm a šířku segmentů 1,9-3,7 mm. Má sice stejný počet dichotomických větvení, ale ze středu vyrůstá až pět větví, což je více, než dvě až tři větve u studovaného druhu. Li et al. (2019) také uvádí jako odlišný znak, že báze větví u druhu *Ricciopsis sandaolingensis* Li et Sun nejsou srostlé. Je to jediný druh rodu *Ricciopsis* s tímto znakem a nález, na kterém tento znak Li et al. (2019) dokládají, je právě v místě středu větví porušený. Není jisté, jestli tento rozdíl není způsobený pouze špatným zachováním.

Další tři druhy s růžicovitou stélkou se od studovaného druhu také zřetelně liší velikostí. *Ricciopsis algoaensis* Gianniny et Wiens ze svrchní křídly jižní Afriky (Anderson a Anderson, 1985) je s průměrem 9 mm a šířkou segmentů 0,5 mm oproti studovanému druhu příliš malý. Má také 6 dichotomických větvení, a studovaný druh maximálně 4. *Riccia chitaleyii* Sheikh et Kapgate ze svrchní křídly Indie (Sheikh a Kapgate, 1982) má pouze 6,5 mm v průměru a pouze 2 dichotomická větvení. *Riccia thongjaorokensis* Hemata Singh et Kishor z oligocénu Indie (Hemanta Singh a Kishor, 2009) je s průměrem 75 mm a šířkou segmentů 10 mm oproti studovanému druhu nápadně velký. Také má pouze maximálně dvě dichotomická větvení.

Ricciopsis ferganica Moisan ze středního triasu Kyrgyzstánu (Moisan et al. 2012) a *Ricciopsis speirsae* Hoffman et Stockey ze středního paleocénu Kanady (Hoffman a Stockey, 1997) narozdíl od ostatních druhů rodu *Ricciopsis* netvoří růžicovité stélky.

Studovaný materiál bude podle všeho možno popsat jako nový druh, který se od dosud popsaných druhů rodu *Ricciopsis* liší tvarem a velikostí stélky, tvarem a velikostí segmentů a počtem dichotomických větvení.

Druh: *Ricciopsis* sp. n. 2

Tab. IV, obr. a-c

Syn.

1974 *Notothylacites filiformis* Němejce et Pacltová, str. 24, pl. 1-4, pro parte

Stratigrafie: klikovské souvrství, turon-santon, svrchní křída

Lokalita: Zliv-Blana

Studovaný materiál: č. F 1772, F 1773, coll. NM.

Popis:

Studované fosilie mají lupenitou růžicovitou stélku (tab. IV, obr. a, c). Velikost stélky je 12-16 mm v průměru. Větve se dichotomicky větví pětkrát nebo šestkrát. Úhel větvení se pohybuje mezi 30° a 60°, někdy i méně. Povrch stélky je hladký s patrným středním žebrem.

Segmenty jsou velmi úzké, u báze až 0,8 mm, u vrcholu jen 0,4 mm. Jsou celokrajné, protáhlé, většinou rovně zakončené (tab. IV, obr. b). Délka segmentů je přibližně 2 mm a s větvením se výrazně nemění. Střední žebro má šířku přibližně 0,2 mm.

Diskuze:

Systematické zařazení *Notothylacites filiformis* Němejce et Pacltová je nejasné. Je velmi pravděpodobné, že se jedná o materiál různého systematického zařazení. Němejce a Pacltová (1974) stélku popsali jako nový fosilní rod *Notothylacites* Němejce et Pacltová, který zahrnuje jediný druh *Notothylacites filiformis* Němejce et Pacltová. Systematicky nález řadí mezi játrovky a při popisu stélky opakovaně píše, že jde o játrovku. Recentní rod *Notothylas*, ke kterému je nález přirovnáván, ale patří mezi hlevíky.

Sterilní stélka připomíná recentní rod *Riccia* Gott. Pro takové fosilní nálezy byl stanoven fosilní rod *Ricciopsis* Lundblad. Nicméně ani Němejce a Kvaček (1975), kteří se nálezem zabývali, nediskutují možnou příbuznost nálezu s rodem *Riccia*, ani s čeledí Ricciaceae. Svoje stanovisko opírají o nález spor, které byly nalezeny in situ ve sporangiu. Popisované spory se skutečně výrazně odlišují od rodu *Riccia* a připomínají právě recentní rod *Notothylas*. Zároveň nález spor in situ ve sporangiu příbuznost k rodu *Riccia* značně zpochybňuje.

Právě pro rozporuplnou nejednoznačnost morfologie stélky a spor byla příbuznost nálezu k rodu *Notothylas* v literatuře několikrát zpochybněna. Krassilov a Schuster (1984) nepovažuje příbuznosti s rodem *Notothylas* za možnou a název *Notothylacites* označuje za zavádějící. Sami navrhuje, že by nalezená fosilie mohla být příbuzná řádu Sphaerocarpales nebo Proto-Ricciineae. Ačkoliv se zabývají kromě popisu stélky také sporangiem a sporami, necitují ve své publikaci původní práci Němejce a Pacltové (1974), ale pouze shrnující práci Němejce a Kvačka (1975), kde navíc chybí vyobrazení diskutovaného holotypu a spor. Nálezem se dále zabýval Frahm (2005), který ho také označuje za diskutabilní. Uvádí znaky, zejména přítomnost středního žebra, ale také tvar přilehlého sporangia, které příslušnost k hlevíkům a příbuznost s rodem *Notothylas* značně zpochybňují. Frahm se přiklání k možnosti, že se skutečně jedná spíše o druh příbuzný rodu *Riccia*. Jeho analýza se ovšem týká pouze makroskopických znaků.

Holotyp, na základě kterého je taxon definován, se nepodařilo dohledat. Má být podle záznamu uložen ve sbírkách PřF UK. Další vyobrazený materiál řazený Němejcem a

Pacltovou (1974) ke stejnému druhu představuje pouze sterilní stélky. Na základě zjevného rozporu mezi makroskopickými a mikroskopickými znaky se jeví jako pravděpodobné, že spory, které vykazují jasnou příbuznost s rodem *Notothylas*, nepatří ke stélce, která se naopak od rodu *Notothylas* výrazně liší. Je pravděpodobné, že k jejich zdánlivému spojení došlo nahodile při kompresi v rámci procesu fosilizace. Vzhledem k tomu, že se stélky rostlin *Riccia* a *Notothylas* vyskytují v současných fytoceenózách společně (Santos Silva et al., 2018, Srivastava et al., 2015, Bagawan and Kore, 2012), není vyloučeno, že i jejich společný výskyt v minulosti mohl zapříčinit bezprostřední a společný výskyt v hornině. Blízkost obou rostlin v tafoceenóze tak mohl navozovat dojem, že obě struktury pocházejí z jedné rostliny.

Z tohoto důvodu by bylo vhodné prověřit, zda nalezené sporangium i spory druhu *Notothylacites filiformis* Němejc et Pacltová byly skutečně připojeny na stélce, nebo zda jde jen společný výskyt, který lze vysvětlit tafonomicky. Protože však zatím holotyp chybí a další typový materiál je evidentně pouze sterilní, navrhuji taxon *Notothylacites filiformis* předběžně rozdělit s tím, že sporangium a spory ponesou název *Notothylacites filiformis* Němejc et Pacltová. Sterilní stélka by však měla být klasifikována odděleně. Navrhuji ji popsat jako nový druh, který uvádím předběžně jako *Ricciopsis* sp. n. 2.

Studovaný druh je nejpodobnější druhu *Ricciopsis algoaensis* Gianniny et Wiens ze svrchní křídly jižní Afriky, ale liší se velikostí stélky, která je u studovaného druhu téměř dvakrát větší. Segmenty sice mají přibližně stejnou šířku, ale u druhu *Ricciopsis algoaensis* je střední žebro přes celou šířku segmentů, oproti studovanému druhu, kde střední žebro tvoří maximálně polovinu šířky segmentů.

Ricciopsis florinii Lundblad, typový druh rodu *Ricciopsis*, je o 10 mm v průměru větší, než studovaný druh, má pouze tři dichotomická větvení, a především segmenty nejsou úzce protáhlé, jejich šířka a délka je téměř shodná. *Ricciopsis scanica* Lundblad má o 5 mm v průměru menší stélku než studovaný druh, naopak šířka segmentů je o 0,5 mm větší než u studovaného druhu, a má pouze dvě dichotomická větvení.

Další popsané druhy jsou oproti studovanému druhu příliš velké a jejich segmenty příliš široké. Jde o *Ricciopsis sandaolingensis* Li et Sun ze střední jury z Xinjiangu v Číně, který má průměr stélky dvakrát větší a šířku segmentů až pětikrát větší než studovaný druh, dále *Riccia thongjaorokensis* Hemata Singh et Kishor z oligocénu Indie, který má stélku pětikrát větší a šířku segmentů dvacetkrát větší, a *Ricciopsis grandensis* Cladera et al. ze spodní

křídý Patagonie, který má sice srovnatelnou velikost stélky, ale segmenty až čtyřikrát širší než studovaný druh.

Riccia chitaleyii Sheikh et Kapgate ze svrchní křídý Indie je naopak příliš malá, má pouze 6,5 mm v průměru, a pouze 2 dichotomická větvení. *Ricciopsis ferganica* Moisan ze středního triasu Kyrgyzstánu a *Ricciopsis speirsae* Hoffman et Stockey ze středního paleocénu Kanady narozdíl od ostatních druhů rodu *Ricciopsis* netvoří růžcovité stélky.

Ricciopsis sp. n. 1 z cenomanu Pecínova má srovnatelnou celkovou velikost stélky, ale šířka segmentů a středního žebra je o něco větší a především délka segmentů se zvětšuje s každým větvením, oproti studovanému druhu, u kterého se délka segmentů s větvením výrazně nemění. Studovaný druh má také více dichotomických větvení. Proto navrhuji popsat tento taxon jako nový druh, který se od ostatních dosud popsaných druhů rodu *Ricciopsis* liší tvarem a velikostí stélky, tvarem a velikostí segmentů a počtem dichotomických větvení

Incertae Sedis

Rod: ***Thallites*** Kidst. ex Walton 1925

Typový druh: *Thallites erectus* Walton, 1925, s. 564

Druh: ***Thallites* sp.**

Tab. IV, obr. d-f

Stratigrafie: klikovské souvrství, turon-santon, svrchní křída

Lokalita: Zliv-Blana

Studovaný materiál: č. F 1771, coll. NM.

Popis:

Studovaná fosilie má lupenitou pentlicovitou stélku (tab. IV, obr. d). Velikost stélky je přibližně 40x50 mm. Větve se nepravidelně dichotomicky větví. Na bázi jsou větve úzké přibližně 0,5 mm, směrem k vrcholu se rozšiřují až na 2 mm. Vrcholy stélky jsou roztřepené

na množství úzkých krátkých větví (tab. IV, obr. f). Některé větve se nerozšiřují a mají patrné, přibližně 1,5 mm dlouhé a 0,1 mm úzké rhizoidy (tab. IV, obr. e). Povrchové detaily stélky nejsou dostatečně zachované.

Diskuze:

Nález zařadili Němejc a Kvaček (1975) k druhu *Notothylacites filiformis* Němejc et Paclová společně s ostatními lupenitými stélkami nalezenými na lokalitě Zliv-Blana. Od ostatních nálezů z lokality Zliv Blana se však morfologicky výrazně liší. Netvoří růžicovitou stélku, dichotomická větvení jsou nepravidelná a segmenty se výrazně rozšiřují. Příbuznost s játrovkami ze stejné lokality je nepravděpodobná. Z tohoto důvodu navrhuji zařazení nálezu k fosilnímu morforodu *Thallites* Walton 1925.

Nález je podobný druhu *Thallites hallei* Lundblad z permu z Číny (Lundblad, 1971). Jedná se o lupenitou stélku bohatě dichotomicky větvenou. Velikost stélky je přibližně 10 cm v průměru a šířka segmentů 1 až 1,5 mm. Vrcholy větví jsou nezřetelné a mohou vypadat roztřepené, čímž připomínají studovaný materiál. Přesné zařazení studované fosilie by mělo být předmětem dalšího studia.

Oddělení: Bryophyta

Pododdělení: Bryophytina

Třída: Bryopsida

Rod: *Muscites* Brongniart 1828

Typový druh: *Muscites tourmalii* Brongniart, 1828, s. 93

Druh: *Muscites* sp. 1

Tab. V, obr. a-c

Stratigrafie: souvrství Hidden Lake, coniac, svrchní křída

Lokalita: Crame Col, A 32-2

Studovaný materiál: č. CGS AN 515a, coll. ČGS.

Popis:

Studovaná fosilie je 9 mm dlouhá lodyžka s lístky (tab. V, obr. a). Lístky jsou oválné, celokrajné, se středním žebrem, které dosahuje přibližně do čtyř pětín délky lístku (tab. V, obr. b). Délka lístků je mezi 0,5 a 1,5 mm a šířka mezi 0,3 a 0,7 mm. Vrcholy lístků jsou zaoblené a báze zúžené, takže střední žebro vytváří krátkou stopku. Buňky jsou protáhlé, velké přibližně 8x40 μm (tab. V, obr. c).

Diskuze:

Tento nález byl poprvé popsán Kvačkem a Vodrážkou (2015), kteří srovnávají fosilii s recentním druhem *Plagiomnium* T. J. Koponen. Přiřazení k tomuto rodu není možné, protože na fosilii chybí rozmnožovací struktury. Proto byl nález přiřazen k druhu *Muscites* Brongniart, který se používá pro fosilní nálezy mechů, které nelze blíže zařadit. Od jiných nálezů zařazených k tomuto rodu se morfologicky liší zejména tvarem lístků.

Například Ignatov a Shcherbakov (2011) popsali hned tři druhy *Muscites* sp. z lokality Khasurty, jižní Sibiř, ze spodní křídly. Všechny tři druhy se od studovaného materiálu liší především dlouhými úzkými lístky. Olistění je také znatelně hustší než u studovaného materiálu. Morel et al. (2010) popsali fosilní druh *Muscites guescelini* Townrow z triasu Argentiny, který je také hustě olistěný úzkými dlouhými lístky a od studovaného materiálu ho lze snadno rozeznat. Dalším popsáným druhem s úzkými špičatými listy je *Muscites* sp. z aptu Argentiny (Puebla et al., 2012). Studovaný materiál je podobný fosilnímu druhu *Muscites antarcticus* z aptu Snow Islandu z Antarktidy (Cantrill, 2000), který má na rozdíl od studovaného materiálu spíše přisedlé lístky k lodyžce.

Druh: ***Muscites* sp. 2**

Tab. V, obr. d-e

Stratigrafie: perucko-korycanské souvrství, perucké vrstvy, cenoman, svrchní křída

Lokalita: lom Pecínov, jednotka 1

Studovaný materiál: č. F 4897, F 4900, F 4908, F 4909, coll. NM.

Popis:

Mesofosilie mechové rostlinky jsou přibližně 2 mm dlouhé lodyžky, spirálovitě olistěné. Šířka lodyžky je přibližně 40 μm (tab. V, obr. d). Lístky jsou široce přisedlé, celokrajné, oválné a směrem k vrcholu se zužují (tab. V, obr. d). Délka listů se pohybuje mezi 140 μm a 200 μm a šířka mezi 80 μm a 140 μm . Střední žebro dosahuje přibližně do poloviny až tří čtvrtin délky listu. Buňky jsou nepravidelně kulovité o velikosti přibližně 8-10 μm v průměru (tab. V, obr. e).

Diskuze:

Studované mesofosilie se od předchozího studovaného otisku stélky výrazně liší velikostí, jejich lístky jsou asi pětikrát menší. Stejným způsobem se odlišuje i od ostatních druhů, které byly s předchozím nálezem otisku stélky srovnávané. Studované mesofosilie jsou sterilní stélky, proto není možné jejich přesnější zařazení v rámci recentní systematiky. Proto byly zařazené k fosilnímu rodu *Muscites* Brongniart, který slouží k zařazení fosilních nálezů, které nelze v systému blíže zařadit.

Druh: *Muscites* sp. 3

Tab. VI, obr. a-f

Stratigrafie: souvrství Santa Marta, santon, svrchní křída

Lokalita: Crame Col, A47

Studovaný materiál: č. K 2963, K 2964, K 2966, K 2977, K 2979, K 2980, K 2981, K 2983, K2984, K 2985, K 2986, K 2989, K 2990, coll. NM.

Popis:

Studovaný materiál zahrnuje větší množství úlomků sterilních mechových rostlinek, většinou o velikosti 2 mm a méně (tab. VI, obr. a). Lodyžky mají 0,2 až 0,4 mm v průměru a jsou spirálovitě olistěné. Lístky jsou většinou ulámané hned u báze. Báze lístků jsou široce přisedlé, celokrajné, s patrným středním žebrem (tab. VI, obr. b-f). U báze jsou lístky široké

mezi 250 a 400 μm . Některé větší kusy lístků naznačují protáhle oválný tvar (tab. VI, obr. f). Vrcholy lístků nejsou zachované. Buňky jsou dlouze protáhlé, velké přibližně 5x30 μm (tab. VI, obr. b).

Diskuze:

Studované mesofosilie byly poškozené během získávání živočišných fosilií. Z důvodu špatného zachování je jejich systematické zařazení obtížné. Od druhu *Muscites* sp. 1 z coniacu Antarktidy se liší hustším olistěním a přisedlými lístky. Od druhu *Muscites* sp. 2 z cenomanu českého masivu se zřetelně liší velikostí stélky a také tvarem a velikostí buněk. Srovnání s jinými nálezy je obtížné. Většina nálezů mechorostů jsou otisky, kde buňky často nejsou patrné, a studované mesofosilie zase nemají zachovaný tvar a velikost lístků, podle kterých by bylo možné je morfologicky porovnat. Přesto studované mesofosilie vykazují jasné znaky mechů, především jednu řadu buněk lístků s vícevrstevným středním žebrem. Proto byly nálezy zařazeny k fosilnímu rodu *Muscites* Brongniart.

Oddělení: Bryophyta

Pododdělení: Bryophytina

Třída: Bryopsida

Rod: *Livingstonites* Vera 2011

Typový druh: *Livingstonites gabrielae* Vera, 2011, s. 123

Druh: *Livingstonites* sp. 1

Tab. VII, obr. d-f

Stratigrafie: souvrství Santa Marta, santon, svrchní křída

Lokalita: Crame Col, A47

Studovaný materiál: č. K 2965, coll. NM.

Popis:

Studovaný nález je 1,7 mm dlouhý úlomek sterilní mechové rostlinky (tab. VII, obr. d). Lodyžka je spirálovitě olistěná a má přibližně 120 μm v průměru. Lístky jsou většinou ulomené u báze, jeden lístek je lépe zachovaný a je dlouhý 1,4 mm od báze ke zlomu (tab. VII, obr. d). Celá délka lístků není zachována. Podle zachovaného úlomku jsou lístky dlouze protáhlé, u báze rozšířené a přibližně po 0,5 mm se zužují na šířku středního žebra. Šířka lístků u báze je 200-300 μm a lístková plocha objímá lodyžku (tab. VII, obr. e). Šířka středního žebra je přibližně 50 μm . Buňky jsou protáhlé, dlouhé 25-30 μm a široké 5 μm (tab. VII, obr. f).

Diskuze:

Nález morfologicky nápadně připomíná mech druhu *Livingstonites gabrielae* Vera nalezený v aptu Antarktidy na ostrově Livingston, který leží nedaleko ostrova Jamese Rosse (Vera 2011). Mají srovnatelný tvar a šířku lístků, velikost lodyžky i tvar středního žebra. Liší se pouze průměrem buněk, který je u studovaného nálezu dvakrát až třikrát menší. Některé znaky ovšem nelze porovnat, protože u studovaného nálezu není zachována celková délka lístků. *Livingstonites gabrielae* byl také studován na několika řezech a byla popsána např. buněčná stavba lodyžky, která na studovaném materiálu není patrná. Navzdory špatnému zachování studovaného nálezu je morfologická podobnost značná, proto navrhuji zařazení nálezu k druhu *Livingstonites* sp.

Druh: cf. *Livingstonites* sp. 2

Tab. VII, obr. a-c

Stratigrafie: perucko-korycanské souvrství, perucké vrstvy, cenoman, svrchní křída

Lokalita: lom Pecínov, jednotka 1

Studovaný materiál: č. F 4903, F 4905, F 4906, F4907, coll. NM.

Popis:

Studované mesofosilie jsou úlomky sterilních mechových rostlinek. Lodyžka je spirálovitě olistěná a má přibližně 70 μm v průměru. Lístky jsou úzce protáhlé, 1-2 mm dlouhé, u báze rozšířené, po většinu délky zúžené na šířku středního žebra (tab. VII, obr. a,

c). Šířka lístků u báze se pohybuje mezi 100 μm a 200 μm , šířka středního žebra se pohybuje mezi 50 μm a 70 μm . Střední žebro je úzce protáhlé (tab. VII, obr. b). Buňky jsou protáhlé, velké přibližně 7x25 μm (tab. VII, obr. a).

Diskuze:

Studovaný materiál se dlouhými úzkými lístky zřetelně odlišuje od ostatních rostlinných mesofosilií popsanych z naleziště Pecínov. Z fosilních nálezů nejvíce připomíná mech druhu *Livingstonites gabriellae*, ačkoliv morfologická podobnost je menší, než v případě předchozího nálezů ze santonu Antarktidy. Studované mesofosilie mají menší průměr lodyžky, kratší lístky a užší buňky. Střední žebro má jiný tvar, u studovaného materiálu je na průřezu úzce protáhlé, u druhu *Livingstonites gabriellae* má spíše půlkruhový tvar. Buněčnou stavbu lodyžky popsanou u druhu *Livingstonites gabriellae* nelze porovnat, na studovaném materiálu není patrná. Od druhu *Livingstonites* sp. 1 ze santonu Antarktidy se studovaný materiál liší užší lodyžkou, užšími lístky, které nejsou objímavé, a tvarem středního žebra. Vzhledem k morfologické podobnosti, ale také k určitým rozdílům, byl studovaný materiál zařazen pouze do rodu a klasifikován v otevřené nomenklatuře jako k druhu *Livingstonites* sp.

13 Diskuze

Úkolem práce je studium hub, řas a mechorostů ze dvou oblastí, které jsou geograficky vzdálené, a podobně vzdálené byly i v období křídý, a přesto měly v době svrchní křídý podobné prostředí. Paleoklima obou oblastí vykazuje jen malé rozdíly, průměrná roční teplota obou oblastí byla okolo 17°C a na obou místech panovalo humidní klima, ačkoliv průměrné roční srážky na ostrově Jamese Rosse byly vyšší než v českém masivu. Vzhledem k podobnému paleoklimatu by mělo být možné srovnat i jejich paleofloru. Problém v tomto úkolu představuje fakt, že všechny tři studované skupiny mají malou schopnost fosilizace a jejich fosilní záznam je často chudý a málo prozkoumaný. Z tohoto důvodu bylo zařazení nálezů do druhů velmi obtížné. Většinou nebylo možné zkoumané fosílie morfologicky ztotožnit s již popsaným fosilním druhem známým z literatury, kterému by se studované fosílie podobaly natolik, že by je bylo možno k takovému druhu přiřadit. Je nutné konstatovat, obtížnost práce naznačuje i skutečnost, že šlo v případě perucko-korycanského

souvrství o první nálezy prokazatelných hub a mechorostů v historii výzkumu flóry tohoto souvrství. U fosilií z ostrova Jamese Rosse bylo systematické zařazení ještě ztíženo špatným zachováním. Proto byl zvolen přístup zařazení fosilií pouze do fosilního rodu a jejich klasifikace byla uvedena v otevřené nomenklatuře.

Srovnání obou lokalit bylo možné provést pouze v případě mechů. Houby, řasy ani játrovky nebyly na ostrově Jamese Rosse nalezeny. Nepřítomnost těchto skupin na nalezišti v Antarktidě má pravděpodobně tafonomickou příčinu. Křídové sedimenty českého masivu jsou terestrického původu, naproti tomu křídové sedimenty ostrova Jamese Rosse jsou mořské. Ačkoliv jsou antarktické sedimenty bohaté na rostlinné fosilie, jedná se především o zbytky vyšších rostlin, které přežily transport až do mořských sedimentárních pánví. Mezi nimi byly nalezeny také zbytky mechů, ale křehčí stélky játrovek, houby a řasy nalezeny nebyly.

Nalezená mechová flora obou oblastí je na první pohled překvapivě podobná. V obou oblastech byly nalezeny dva hlavní typy mechů, jeden s široce eliptickými lístky, který byl zařazen k rodu *Muscites*, a druhý s úzkými dlouhými lístky, který byl zařazen k rodu *Livingstonites*. Při bližším zkoumání byly u obou typů nalezeny rozdíly mezi nálezy z českého masivu a nálezy z Antarktidy, a to jak ve velikosti stélek, tak ve tvaru a velikosti buněk. Není tedy pochyb o tom, že se jedná o jiné taxony, přesto určitá podobnost mezi nálezy z obou oblastí naznačuje podobné paleoprostředí.

Hlavním rozdílem mezi oběma lokalitami byl v počtu nalezených jedinců nebo úlomků mechových mesofosilií. Mesofosilie z českého masivu měly přibližně stejný počet jedinců obou typů mechů, ale oproti jiným rostlinným mesofosiliím z této oblasti bylo množství mechových rostlinek poměrně malé. Na ostrově Jamese Rosse bylo nalezeno podstatně více mechových mesofosilií, což by mohlo značit skutečnost, že mechy měly ve vegetaci podstatně větší zastoupení. Větší zastoupení mechů naznačuje skutečnost čitelnou i z proxy-paleoklimatických dat (Hayes et al. 1999), že oblast ostrova James Rosse měla ve svrchní křídě velmi humidní prostředí. Rozdíl byl v množství typů mechů. Typ s eliptickými lístky se na ostrově Jamese Rosse vyskytoval velice hojně, naproti tomu typ s dlouhými úzkými lístky byl nalezen jen v jednom exempláři. Důvodem k tomuto nepoměru může být několik. Je možné, že se mechy s dlouhými lístky vyskytují podobně hojně jako mechy prvního typu, ale protože mesofosilie jsou poškozené a lístky jsou ulámané u báze, nelze je od typu

s eliptickými lístky odlišit. Dalším důvodem může být, že měly křehčí stélku, a tedy menší pravděpodobnost zachování, nebo chyba při třídění mesofosilií na základě morfologie.

Kromě mechových mesofosilií byl nalezen jeden otisk mechové stélky ze souvrství Hidden Lake, který patří také k prvnímu typu s eliptickými lístky, ale k jinému druhu, než ostatní mechy nalezené na stejné lokalitě. Mechová rostlinka je oproti mesofosiliím nápadně velká a mezi nálezy z českého masivu nemá srovnání.

V českém masivu byly nalezeny dva druhy hub, jeden druh řasy a dva druhy játrovky, které nemají srovnání mezi nálezy z ostrova Jamese Rosse. To může být způsobeno také tím, že materiál z ostrova Jamese Rosse není vhodný pro kutikulární analýzu.

Při studiu hub v českém masivu byly revidovány také nálezy hub popsané Velenovským (1889) a Fričem a Bayerem (1902), kteří popsali dvě epifytické houby na listech krytosemenných rostlin z naleziště Vyšehořovice v českém masivu. Od té doby bylo popsáno množství morfologicky podobných nálezů, které jsou spíše než houbám připisovány činnosti hmyzu (Scott et al., 1994). Nálezy z Vyšehořovic nenesou dostatek identifikačních znaků, aby bylo možné jednoznačně rozhodnout, zda se jedná o stopy po činnosti hub nebo hmyzu.

Ve studovaném materiálu z naleziště Pecínov byly nalezeny otisky játrovek. Nález srovnán s druhem *Notothylocites filiformis* Němejce et Pacltová z naleziště Zliv-Blana. Při tomto srovnání byla nápadná morfologická podobnost stélek, ačkoliv oba nálezy by si měly být systematicky poměrně vzdálené. Během podrobnějšího studia původu nálezu z lokality Zliv-Blana, jeho systematického zařazení a pochybností, které kolem tohoto zařazení vznikly, byl učiněn závěr, že při popisu původního nálezu došlo k omylu. Nález byl zařazen k druhu *Notothylocites filiformis* především na základě spor, které byly získány ze sporangia, tedy in situ. Sporangium, ze kterého byly spory získány, ale pravděpodobně není součástí stélky, se kterou byl nalezen. Společný výskyt byl pravděpodobně způsoben tafonomickými procesy. Proto bylo navrženo, aby byl taxon *Notothylocites filiformis* předběžně rozdělen s tím, že sporangium a spory ponesou název *Notothylocites filiformis* Němejce et Pacltová a sterilní stélka by měla být klasifikována odděleně.

Během přezkoumání druhu *Notothylocites filiformis* doložena nepřesnost interpretace v souhrnné publikaci Němejce a Kvačeka (1975), kteří se nálezem zabývali. V textu byl popsán správný holotyp podle publikace Němejce a Pacltová (1974), ale obrázek, na který

text odkazuje, patří k jinému nálezu ze stejné lokality. Ačkoliv nese stejné jméno jako popisovaný holotyp, na první pohled se morfologicky odlišuje a neshoduje se s popisem v textu publikace. Tento exemplář byl vyhledán ve sbírkách Národního muzea a blíže prozkoumán. Příbuznost s rodem *Notothylicites* nebo s rodem *Ricciopsis* se jeví jako nepravděpodobná. Prozatím byl nález zařazen k fosilnímu morfotaxonu *Thallites* a jeho přesné zařazení by mělo být předmětem dalšího studia.

14 Závěr

V této diplomové práci byly popsány fosilie z českého masivu - dva druhy hub srovnávaných s recentními rody *Passalora* a *Stomiopeltis*, jeden druh řasy rodu *Phycopeltis*, dva druhy jätrovek rodu *Ricciopsis*, jeden druh nejasného systematického zařazení a dva druhy mechů rodů *Muscites* a *Livingstonites*. Z ostrova Jamese Rosse byly popsány tři druhy mechů přiřazené ke dvěma rodům *Muscites* a *Livingstonites*. Z cenomanu perucko-korycanského souvrství jde o první popsání nálezy hub, řas a mechorostů vůbec. Dříve popsané houby z perucko-korycanského souvrství (Frič a Bayer 1902) byly reinterpretovány jako interakce rostlin a hmyzu. Dvě fosilní jätrovky zřejmě představují nové druhy. Tento materiál je plánován k publikaci. Další studovaný materiál nebylo možné zařadit ke konkrétnímu už popsanému fosilnímu druhu a jeho klasifikace je ponechána v otevřené nomenklatuře.

Srovnání obou oblastí naznačuje, že ačkoli oblasti měly podobné průměrné teploty, na ostrově Jamese Rosse převládalo humidní prostředí, zatímco v českém masivu bylo humidity méně. Tento závěr je v souladu s dříve publikovanými výzkumy.

Rozdíl v množství nalezených taxonů v obou oblastech také odráží odlišné sedimentární prostředí českého křídové pánve v českém masivu a larsenovy pánve v oblasti ostrova Jamese Rosse.

15 Použitá literatura

Anderson, J. M., Anderson, H. M. (1985). Palaeoflora of Southhern Africa: Prodromus of South African Megafloras Devonian to Lower Cretaceous. A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. 423 stran.

Bagawan, S. A., Kore, B. A. (2012). Liverworts and Hornworts of Kas Plateau. *The Bioscan* 7: 289-290.

Brodie, J., Lewis, J. M. (2007). Unravelling the Algae – The Past, Present and Future of Algal Systematics. CRC Press, London. 376 stran.

Cantrill, D. J. (1997). Hepatophytes from Early Cretaceous of Alexander Island, Antarctica: Systematics and paleoecology. *International Journal of Plant Sciences* 158: 476-488.

Cantrill D. J. (2000). A Cretaceous (Aptian) Flora from President Head, Snow Island, Antarctica. *Palaeontographica, Abteilung B* 253: 153-191.

Cantrill, D. J., Poole, I. (2012). The Vegetation of Antarctica through Geological Time. Cambridge University Press, United Kingdom. 480 stran.

Chlupáč, I., Brzobohatý, R., Kovanda, J., Stráník, Z. (2002) Geologická minulost České republiky. Academia, Praha. 436 stran.

Cladera, G., Fueyo, G. M. D., Seoane, L. V. D., Archangelsky, S. (2007). Early Cretaceous Riparian Vegetation in Patagonia, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 9(1): 49-58.

Crandall-Stotler, B., Stotler, R. E. (2000). Morphology and classification of the Marchantiophyta. In: Shaw, A. J., Goffient, B. (eds), *Bryophyte Biology*, p. 21-70. Cambridge.

Čech, S., Klein, V., Kříž, J., Valečka, J. (1980). Revision of the Upper Cretaceous Stratigraphy of the Bohemian Cretaceous Basin. *Věstník Ústředního ústavu geologického* 55: 227-296.

Čech, S. (2011). Palaeogeography and Stratigraphy of the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic) – An Overview. *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*.

Drinnan, A. N., Chambers, T. C. (1986). Flora of the Lower Cretaceous Koonwarra Fossil Bed (Korumbura Group), South Gippsland, Victoria. *Memoirs of the Association of Australasian Paleontologist* 3: 1-77.

Ellis, M. B., Ellis, J. P. (1997). Microfungi on land plants. An identification handbook. New enlarged edition. The Richmond Publishing Company Ltd., Slough, 868 stran

Fletcher, B. J., Beerling, D. J., Brentnall, S. J., Royer, D. L. (2005). Fossil bryophytes as recorders of ancient CO₂ levels: Experimental evidence and a Cretaceous case study. *Global Biogeochemical Cycles* 19: 1.13.

Frahm, J., P. (2001). Biologie der Moose. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin. 358 stran.

Frahm, J. P. (2005). The First Record of a Fossil Hornwort (Anthocerotophyta) from Dominican Amber. *The Bryologist* 108: 139-141.

Frey, W., Stech, M., Fischer, E. (2009). Syllabus of Plant Families 3: Bryophytes and seedless Vascular Plants. Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.

Frič, A., Bayer, E. (1902). Studie v oboru křídového útvaru českého. Perucké vrstvy. *Archiv pro přírodovědecké zkoumání Čech* 11: 1-179.

Friis, E. M., Pedersen, K. R., Crane, P. R. (2010). Diversity in Obscurity: Fossil Flowers and the Early History of Angiosperms. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365: 369-382.

Grimaldi, D A., Engel, M. S., Nascimbene, P. C. (2002). Fossiliferous Cretaceous amber from Myanmar (Burma). *American Museum Novitates* 3361: 1-72.

Harris, T. M. (1938). The British Rhaetic Flora. British Museum, London. 84 stran.

Hay, W. W., DeConto, R. M., Wold, C. N., Wilson, K. M., Voigt, S., Schulz, M., Wold-Rossby, A., Dullo, W.-C., Ronov, A. B., Balukhovsky, A. N., Söding, E. (1999). Alternative

Global Cretaceous Paleogeography. In: Barrera, E., Johnson, C. C. (eds), Evolution of the Cretaceous Ocean-Climate System, p. 1-47. *Society of America*, Special Paper 332.

Hayes, P. A. (1999). Cretaceous Angiosperm Leaf Floras from Antarctica. PhD Thesis, University of Leeds.

Hayes, P. A., Francis, J. E., Cantrill, D. J., Crame, J. A. (2006). Palaeoclimate Analysis of Late Cretaceous Angiosperm Leaf Floras, James Ross Island, Antarctica. *Geological Society, London*, Special Publications 258: 49-62.

Heinrichs, J., Hentschel, J., Wilson, R., Feldberg, K., Schneider, H. (2007). Evolution of leafy liverworts (Jungermanniidae, Marchantiophyta): estimating divergence times from chloroplast DNA sequences using penalized likelihood with integrated fossil evidence. *Taxon* 56: 31-34.

Hemanta Singh, R. K., Kishor, R. K. (2009). *Riccia thongjaorokensis* – A New Fossil Liverwort from Oligocene Beds of the Tertiary, Northeast India. *Journal Geological Society of India* 73: 606-608.

Hemsley, A. R. (2001). Comparison of in vitro decomposition of bryophytic and tracheophytic plant material. *Botanical Journal of the Linnean Society* 137: 375-384.

Herman, A. B., Spicer, R. A., Kvaček, J. (2002). Late Cretaceous Climate of Eurasia and Alaska: A Quantitative Palaeobotanical Approach. In: Wagreich, M. (ed), Aspects of Cretaceous Stratigraphy and Palaeobiogeography, p. 93-108. Proceedings 6th International Cretaceous Symposium, Vienna 2000.

Heřmanová, Z., Kvaček, J. (2012). A New Record of the Genus *Caryanthus* from the Cretaceous of South Bohemia (Czech Republic). *Sborník Národního Muzea v Praze* 68: 47-50.

Heřmanová, Z. (2014). Systematika a paleoekologie svrchnokřídových rostlin klikovského souvrství v jižních Čechách. Disertační práce, katedra geologie a paleontologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze.

- Hoffman, G. L., Stockey, R. A. (1997). Morphology and Paleoecology of *Ricciopsis speirsae* sp.nov. (Ricciaceae), a fossil liverwort from the Paleocene Joffre Bridge locality, Alberta, Canada. *Canadian Journal of Botany*, 75: 1375-1381.
- Ignatov, M. S., Shcherbakov, D. E. (2011). Lower Cretaceous Mosses from Khasurty (Transbaikalia). *Arctoa* 20: 19-42.
- Kalina, T., Váňa, J. (2005). Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. Karolinum, Praha. 606 stran.
- Konopka, A.S., Herendeen, P. S., Smith Merrill, G. L., Crane, P. R. (1997). Sporophytes and gametophytes of Ptytrichaceae from the Campanian (Late Cretaceous) of Georgia, USA. *International Journal of Plant Sciences* 158: 489-499.
- Košťák, M., Mazuch, M., Opluštil, S., Kraft, P., Marek, J., Fatka, O., Kachlík, V., Sakala, J., Martínek, K., Holcová, K., Kvaček, Z., Žák, J. (2011). Putování našim pravěkem. Granit, Praha. 192 stran.
- Kvaček, J., Uličný D., Svobodová, M., Špičáková, L. (2006). Cretaceous of Central Bohemia. In: Fatka, O., Kvaček, J. (eds), 7th European Palaeobotany-Palynology Conference: Excursions Guide Book, p. 58-64. National Museum, Prague.
- Kvaček, J., Sakala, J. (2012). Late Cretaceous Flora of James Ross Island (Antarctica) – Preliminary Report. *Czech Polar Reports* 1: 96-103.
- Kvaček, J., Vodrážka, R. (2015). Late Cretaceous flora of the Hidden Lake Formation, James Ross Island (Antarctica), its biostratigraphy and paleoecological implications. *Cretaceous Research* 58: 183-201.
- Krassilov, V. A., Schuster, R. M. (1984). Paleozoic and Mesozoic Fossils. In: Schuster, R. M. (ed), New Manual of Bryology, p. 1172-1193. Hattori, Nichinan.
- Labandeira, C. C., Currano, E. D. (2013). The Fossil Record of Plant-Insect Dynamics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 41: 287-311.
- Li, R., Li, X., Wang, H., Sun, B. (2019). *Ricciopsis sandaolingensis* sp. nov., a new fossil bryophyte from the Middle Jurassic Xishanyao Formation in the Turpan-Hami Basin, Xinjiang, Northwest China. *Palaeontologia Electronica* 22: 1-11.

Libertín, M., Kvaček, J., Bek, J., Žárský, V., Štorch, P. (2018). Sporophytes of Polysporangiate Land Plants from the Early Silurian Period May Have Been Photosynthetically Autonomus. *Nature Plants* 4: 269-271.

Lundblad, B. (1954). Contributions to the Geological History of the Hepaticae. Fossil Marchantiales from the Rhaetic-Liassic Coalmines of Skromberga (Prov. of Scania), Sweden. *Svensk Botanisk Tidskrift* 48.

Lundblad, B. (1971). A Thalloid Plant from the Permian of Shansi, China. *Geophytology* 1: 30-33.

Maxson, J., Tikoff, B. (1996). Hit-and-run Collision Model for the Laramide orogeny, Western United States. *Geology* 24: 968-972.

Moisan, P., Voigt, S., Schneider, J. W., Kerp, H. (2012). New Fossil Bryophytes from the Triassic Madygen Lagerstätte (SW Kyrgyzstan). *Review of Paleobotany and Palynology* 187: 29-37.

Morel, E. M., Artabe, A. E., Ganuza, D. G., Zuniga, A. (2010). La paleoflora triásica del cerro Cacheuta, provincia de Mendoza, Argentina. Bryopsida, Lycopsida, Sphenopsida, Filicopsida y Gymnospermopsida (Corystospermales y Peltaspermales). *Ameghiniana* 47: 3-23.

Němejc, F., Pacltová, B. (1974). Hepaticae in the Senonian of South-Bohemia. The *Paleobotanist* 21: 23-26.

Němejc, F., Kvaček, Z. (1975). Senonian plant macrofossils from the region of Zliv and Hluboká (near České Budějovice) in South Bohemia. Universita Karlova Praha. 82 stran.

Novis, P. M., Bannister, J. M., Rindi, F., Lee, D. E. (2015). A New Eocene Fossil of the Genus *Phycopeltis* (Ulvophyceae, Chlorophyta). *Journal of Phycology* 51: 1017-1021.

Puebla, G. G., Mego, N., Prámparo, M. B. (2012). Asociación de Briofitas de la Formación la Cantera, Aptiano Tardío, Cuenca de San Luis, Argentina. *Ameghiniana* 49: 217-229.

Pujana, R. R., Raffi, M. E., Olivero, E. B. (2017). Conifer Fossil Woods from the Santa Marta Formation (Upper Cretaceous), Brandy Bay, James Ross Island, Antarctica. *Cretaceous Research* 77: 28-38.

Qiu, Y.-L., Li, L., Wang, B., Chen, Z., Knoop, V., Groth-Malonek, M., Dombrowska, O., Lee, J., Kent, L., Rest, J., Estabrook, G. F., Hendry, T. A., Taylor, D. W., Testa, C. M., Ambros, M., Crandall-Stotler, B., Duff, R. J., Stech, M., Frey, W., Quandt, D., Davis, C. C. (2006). The Deepest Divergences in Land Plants Inferred from Phylogenomic Evidence. *Proceedings of the National Academy Sciences, USA* 103: 15511-15516.

Rindi, F., Guiry, M. D. (2002). The Genus *Phycopeltis* (Trentepohliaceae, Chlorophyta) in Ireland: A Taxonomic and Distributional Reassessment. *Phycologia* 41: 421-431.

Santos Silva, J. A., Fernandes, R. S., Costa, D. P. (2018). Species Diversity of the Genus *Riccia* L. (Marchantiales, Ricciaceae) in Maranhao State, Brazil. *Check List* 14: 763-769.

Scott, A. C., Stephenson, J., Collinson, M. E. (1994). The Fossil Record of Leaves with Galls. In: Williams, M. A. J. (ed), Plant Galls, p. 447-470, *Systematics Association* 49.

Seward, A. C. (1894). The Wealden Flora, part 1 Tallophyta-Pteridophyta. Catalogue of the Mesozoic Plants in the Department of Geology, British Museum (Natural History). London, British Museum, 179 s.

Sheikh, M. T., Kapgate, D. K. (1982). First Petrified Fossil *Riccia* L. from Indian Beds. *Current Science* 51: 241-242.

Sláňská, J. (1976). A Red-Bed Formation in the South Bohemian Basins, Czechoslovakia. *Sedimentary geology* 15: 135-164.

Smith, G. M. (1938). Cryptogamic botany. Volume II. Bryophytes and Pteridophytes. McGraw-Hill Publishing Co. 399 stran.

Smoot, E. L., Taylor, T. N. (1986). Structurally preserved fossil plants from Antarctica: II. A Permian moss from the Transantarctic Mountains. *American Journal of Botany* 73: 1683-1691.

Srivastava, S. C., Chakraborty, D., Alam, A. (2015). Bryology in India – Retrospect and Prospects. *Plant Science Today* 2: 123-125.

Sutton, B. C., Hodges, C. S. (1990). Revision of *Cercospora*-like Fungi on *Juniperus* and Related Conifers. *Mycologia* 82: 313-325.

Tappan, H. (1980). The Paleobiology of Plant Protists. Freeman, USA. 1028 stran.

Taylor, T. N., Taylor, E. L., Krings, M. (2009). Paleobotany – The biology and evolution of fossil plants. Elsevier. 2. vydání. Academic, London. 1230 stran.

Taylor, T. N., Krings, M., Taylor, E. L. (2015). Fossil Fungi. Elsevier. Academic, London. 398 stran.

Taylor, W. A., Gensel, P. G., Wellman, C. H. (2011). Wall Ultrastructure in Three Species of the Dispersed Spore Emphanisporites from the Early Devonian. *Review of Palaeobotany and Palynology* 163: 264-280.

Uličný, D., Špičáková, L. (1996). Response to High Frequency Sea-level Change in a Fluvial to Estuarine Succession: Cenomanian Palaeovalley Fill, Bohemian Cretaceous Basin. *Geological Society* 104: 247-268.

Uličný, D., Kvaček, J., Svobodová, M., Špičáková, L. (1997). High-frequency Sea-level Fluctuations and Plant Habitats in Cenomanian Fluvial to Estuarine Succession: Pecínov Quarry, Bohemia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 136: 165-197.

Uličný, D., Špičáková, L., Grygar, R., Svobodová, M., Čech, S., Laurin, J. (2009). Palaeodrainage systems at the Basal Unconformity of the Bohemian Cretaceous Basin: Roles of Inherited Fault Systems and Basement Lithology During the Onset of Basin Filling. *Bulletin of Geosciences* 84: 577-610.

Váchová, Z., Kvaček, J. (2009). Palaeoclimate Analysis of the Flora of the Klikov Formation, Upper Cretaceous, Czech Republic. *Bulletin of Geosciences* 84: 257-268.

Van Aller Hernick, Landing, E., Bartowski, K. E. (2008). Earth's oldest liverworts – *Metzgeriothallus sharonae* sp. nov. from the Middle Devonian (Givetian) of eastern New York, USA. *Review of Paleobotany and Palynology* 148: 154-162.

Velenovský, J. (1889). Květena české cenomanu. *Rozpravy třídy mathematicko-přírodovědecké Královské české společnosti nauk* 7: 1-75.

Vera, E. I. (2011). *Livingstonites gabrielae* gen. et sp. nov., Permineralized Moss (Bryophyta: Bryopsida) from the Aptian Cerro Negro Formation of Livingston Island (South Shetland Islands, Antarctica). *Ameghiniana* 48: 122-128.

Vodrážka, R. (2009). A New Method for the Extraction of Macrofossils from Calcareous Rocks Using Sulphuric Acid. *Paleontology* 52: 187-192.

Yoon, H. S., Hackett, J. D., Ciniglia, C., Pinto, G., Bhattacharya, D. (2004). A Molecular Timeline for the Origin of Photosynthetic Eukaryotes. *Molecular Biology and Evolution* 21: 809-818.

Internetové zdroje:

Zdroj: <http://www.scotese.com/cretaceo.htm>

16 Fototabule

Tabule I

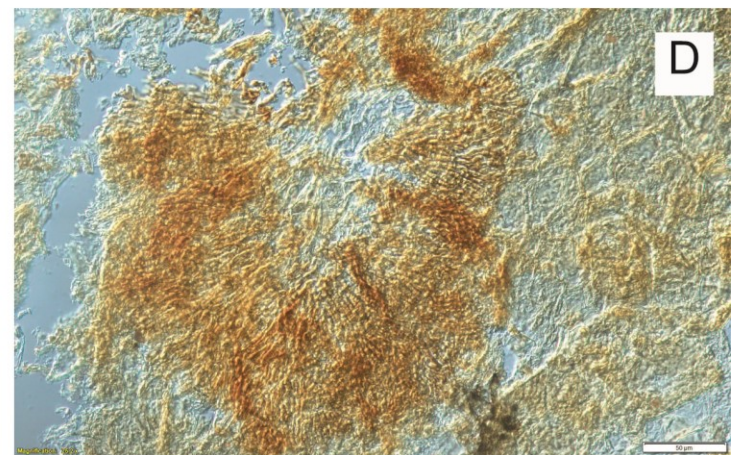
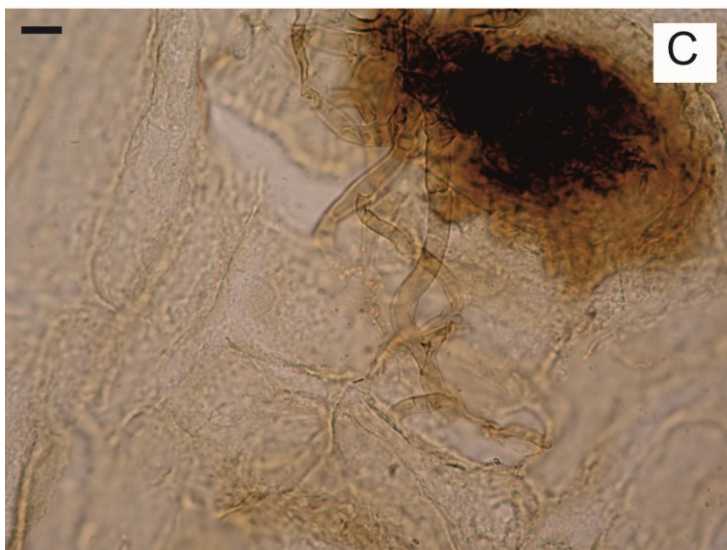
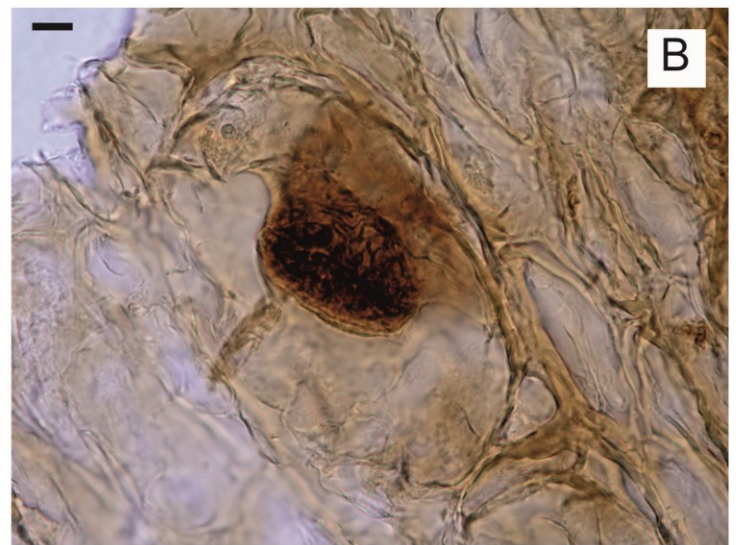
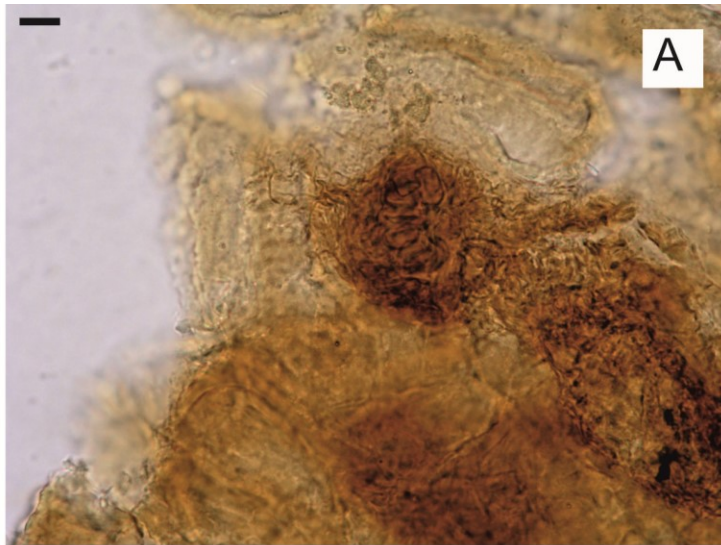
cf. *Passalora* sp., Pecínov, jednotka 3, 5. Měřítko 10 µm.

cf. *Stomiopeltis* sp., Pecínov, jednotka 3, 5. Měřítko 50 µm.

a., b. cf. *Passalora* sp., stroma na kutikule *Brachyphyllum squamosum*
(Velenovský) Palibin, č. F 4922

c. cf. *Passalora* sp., hyfy na kutikule *Geinitzia cretacea* (Geinitz) Hollick et Jeffrey,
č. F 2532

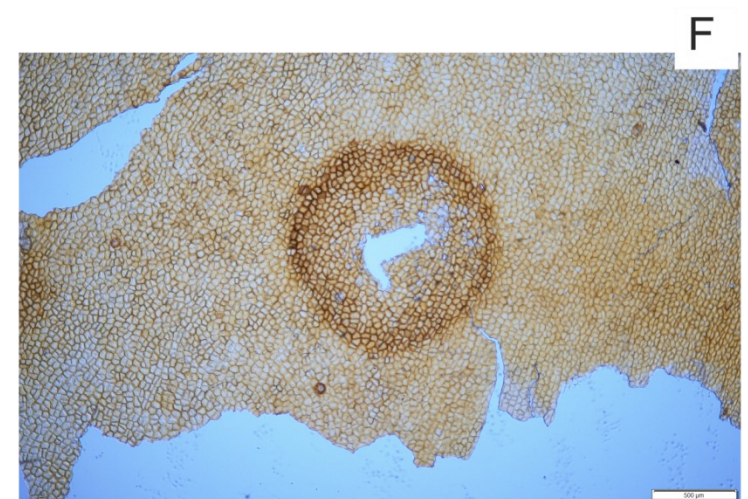
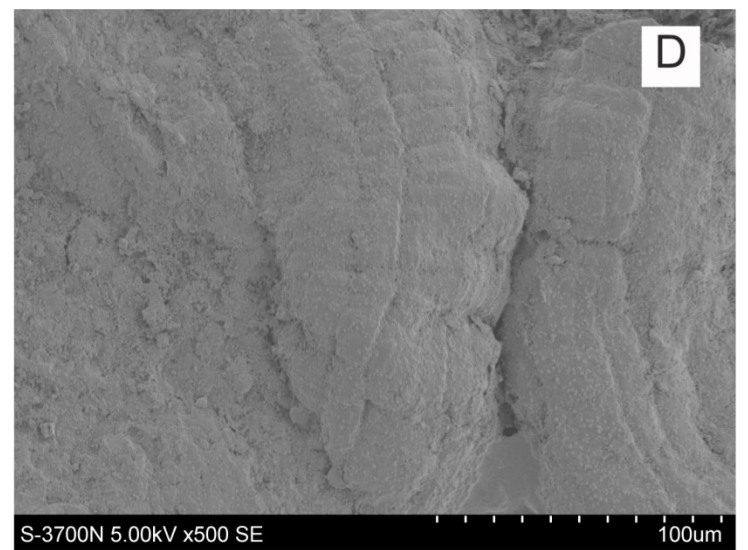
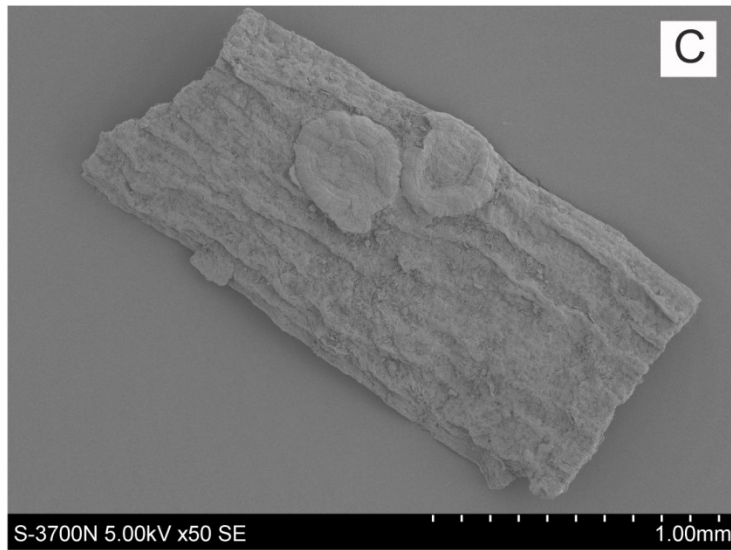
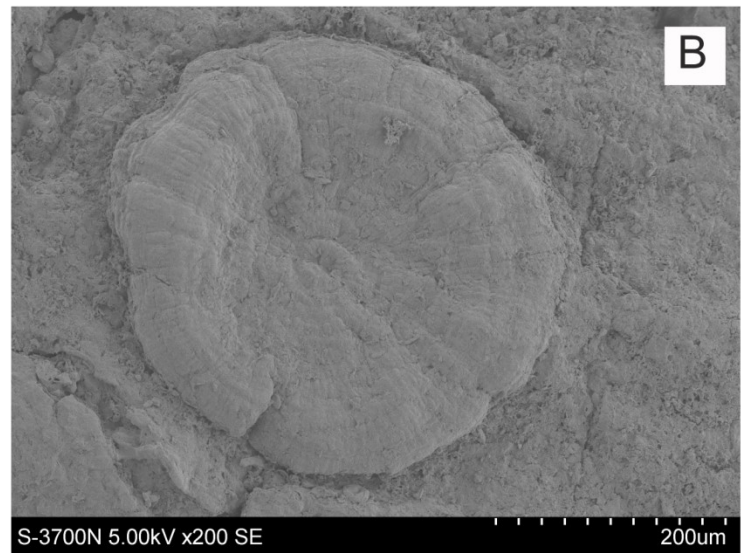
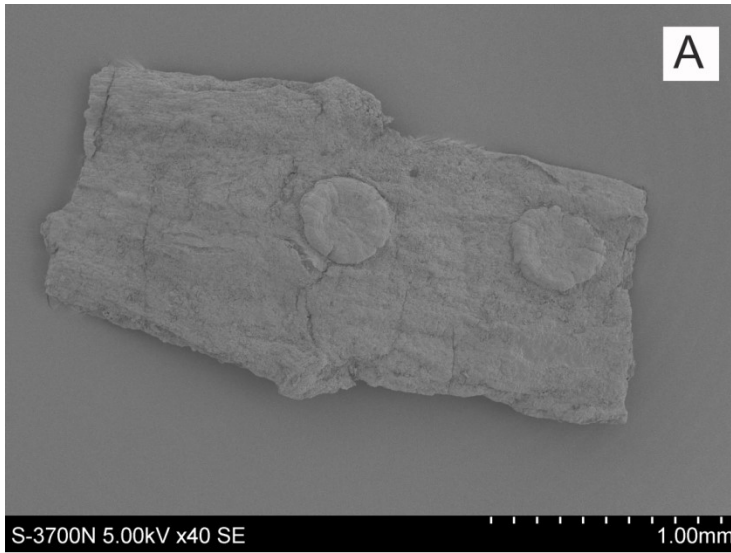
d. cf. *Stomiopeltis* sp., thyriotheceum na kutikule *Sphenolepis pecinovens* J.
Kvaček, č. 4923



Tabule II

Phycopeltis sp., Pecínov, jednotka 2, 3.

- a.** Stélky na zbytku větévky angiospermy, SEM, č. F 4921
- b.** Detail stélky, SEM, č. F 4921
- c.** Stélky na zbytku větévky angiospermy, SEM, č. F 4920
- d.** Povrch stélky, SEM, F. 4920
- e.** Stélky na povrchu listu ginkgovité rostliny *Eretmophyllum*, č. F 4919, měřítko 1 mm
- f.** Stopy po stélce na rostlinné kutikule, č. F 4919, měřítko 500 μm



Tabule III

Ricciopsis sp. 1, Pecínov, jednotka 2. Měřítko 1 mm.

- a.** Otisk stélky s patrným středním žebrem (šipka), č. F 3881
- b.** Otisk stélky se zachovanými všemi větvemi, č. F 3881
- c.** Otisk stélky, č. F 4917
- d.** Otisk juvenilní stélky, č. F 3881
- e.** Otisk juvenilní stélky, č. F 4917
- f.** Otisk juvenilní stélky, č. F 4916



Tabule IV

Ricciopsis sp. 2, Zliv-Blana. Měřítko 1 mm.

Thallites sp., Zliv-Blana. Měřítko 1 mm.

a. Otisk stélky *Ricciopsis* sp. 2, č. F 1772

b. Detail vrcholových částí, č. F 1772

c. Otisk stélky *Ricciopsis* sp. 2, č. F 1773

d. Otisk stélky *Thallites* sp., č. F 1771

e. Rhizoidy (šipka), č. F 1771

f. Detail vrcholu, č. F 1771

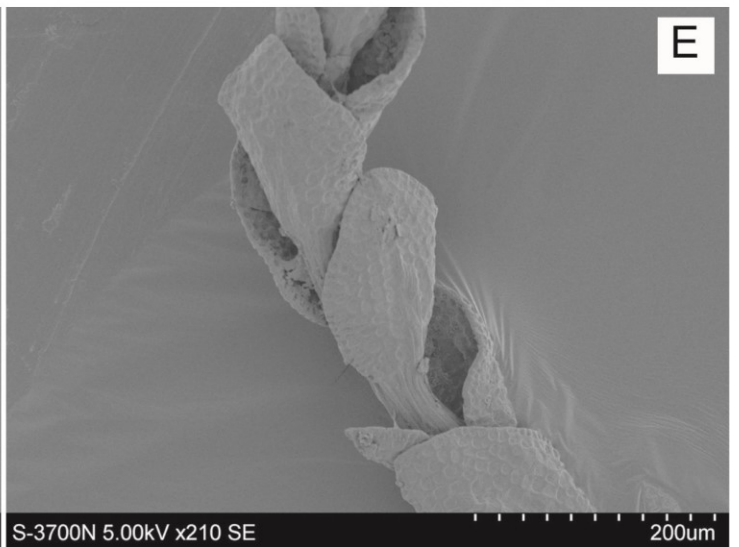
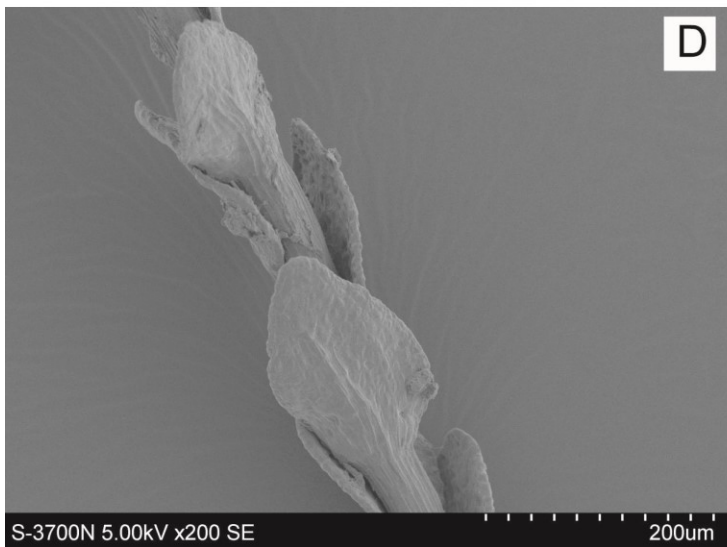
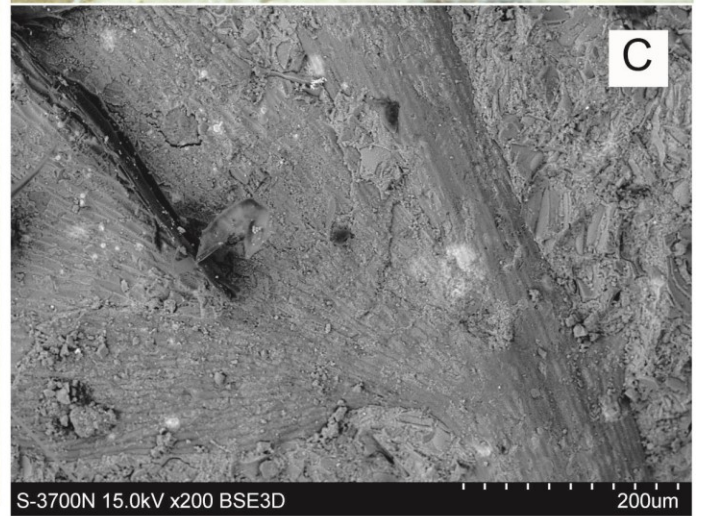


Tabule V

Muscites sp. 1, Crame Col, A 32-2.

Muscites sp. 2, Pecínov, jednotka 1.

- a.** Otisk stélky *Muscites* sp. 1, č. č. CGS AN 515a, měřítko 1 mm
- b.** Detail lístků, č. CGS AN 515a, měřítko 1 mm
- c.** Detail povrchu, buňky, SEM, č. č. CGS AN 515a
- d.** Lístky mechu *Muscites* sp. 2., SEM, č. F 4897
- e.** Lístky a buňky, *Muscites* sp. 2., SEM, č. F 4900



Tabule VI

Muscites sp. 3, Crame Col, A 47.

a. Úlomek mechu *Muscites* sp. 3, SEM, č. K 2963

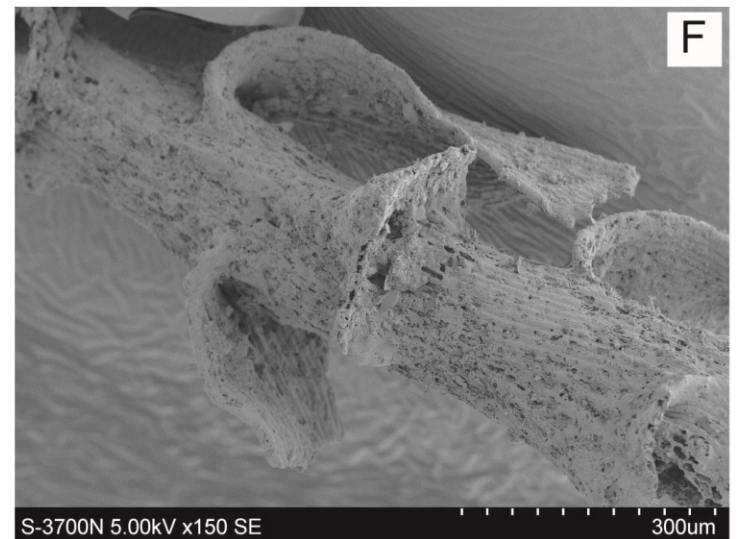
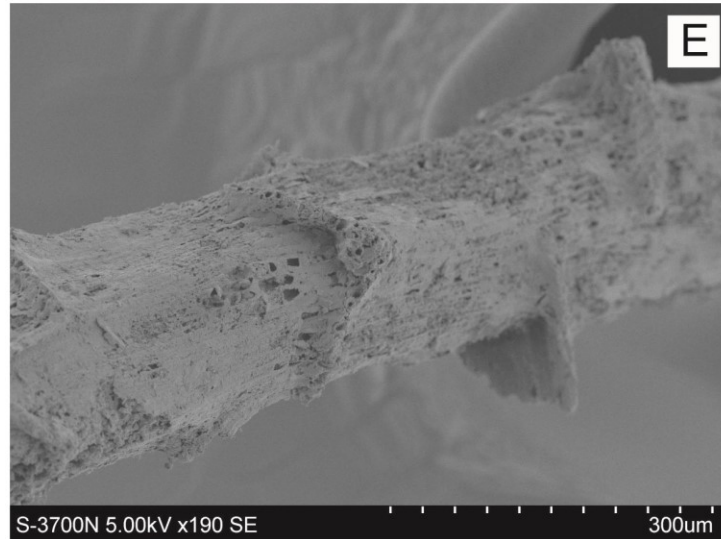
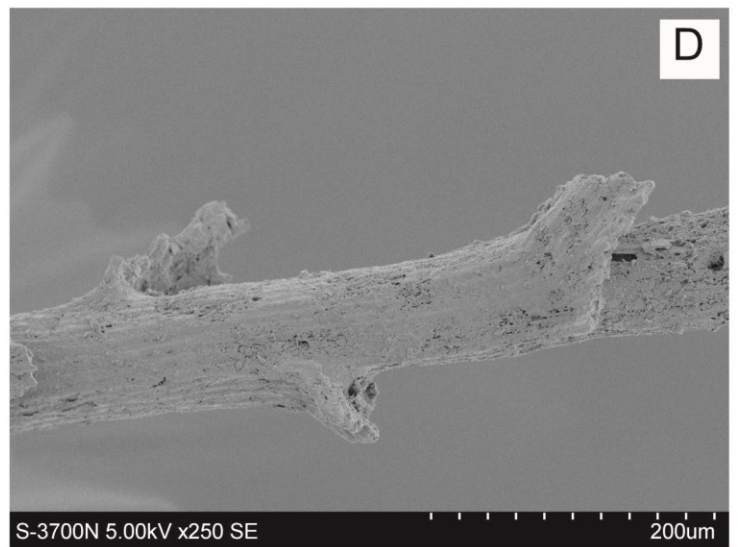
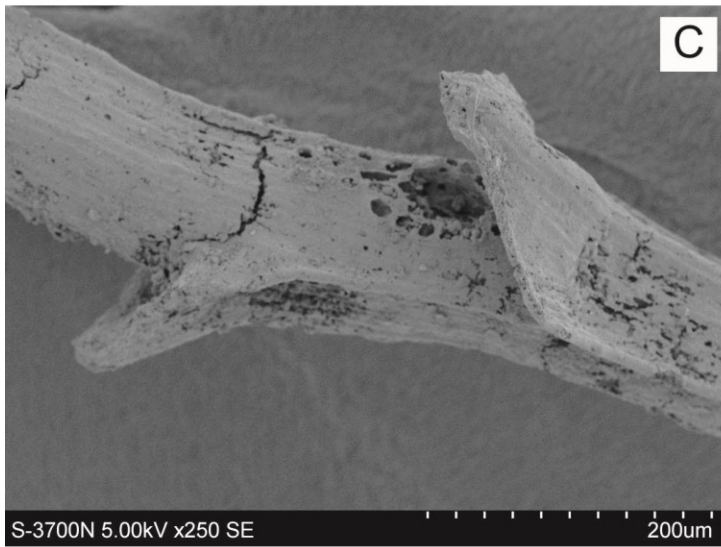
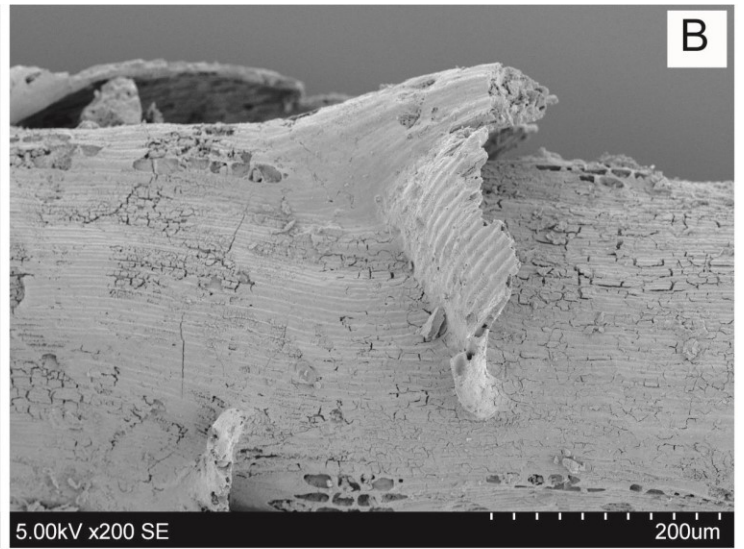
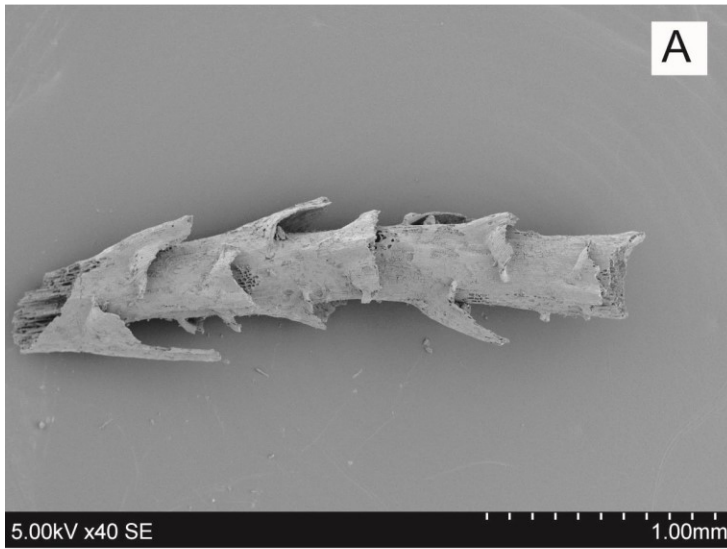
b. Lístky, SEM, č. K 2963

c. Lístky, SEM, č. K 2980

d. Lístky, SEM, č. K 2981

e. Lístky, SEM, č. K 2983

f. Lístky, SEM, č. K 2990



Tabule VII

Livingstonites sp. 1, Crame Col, A 47.

cf. *Livingstonites* sp. 2, Pecínov, jednotka 1.

- a.** Lístky mechu cf. *Livingstonites* sp. 2 s buňkami, SEM, č. F 4903
- b.** úlomek mechu s patrným středním žebrem, SEM, č. F 4905
- c.** Lístky, SEM, č. F 4907
- d.** úlomek mechu *Livingstonites* sp. 1, SEM, č. K 2965
- e.** lístky, SEM, č. K 2965
- f.** buňky, SEM, č. K 2965

